

Liikenteen sujuvuuden kokeminen kaksikaistaisilla teillä eri ajo-oloissa



Tielaitoksen
selvityksiä

9/1998

Helsinki 1998

TIEHALLINTO
Liikenteen palvelut

Tielaitoksen selvityksiä
9/1998

Matti Kiljunen, Heikki Summala

Liikenteen sujuvuuden kokeminen kaksikaistaisilla teillä eri ajo-oloissa

Tielaitos
TIEHALLINTO

Helsinki 1998

ISBN 951-726-410-0
ISSN 0788-3722

Oy Edita Ab
Helsinki 1998

Julkaisua myy:
Tielaitoksen kirjasto



Tielaitos
TIEHALLINTO
Liikenteen palvelut
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 44 150

Kiljunen Matti, Summala Heikki: Liikenteen sujuvuuden kokeminen kaksikaistaisilla teillä eri ajo-oloissa [Perception of the quality of traffic flow on two lane main roads in different driving conditions] Tielaitos, Keskushallinto, Helsinki 1998. Tielaitoksen selvityksiä 9/1998. 58 s + liitt. 13 s, ISSN 0788-3722, ISBN 951-726-410-0

Aiheluokka: 11

Asiasanat: sujuvuus, nopeus, tavoitenopeus, matkanopeus, ajomukavuus, tienkäyttäjän informaatio, sujuvuuden arvottaminen, Alert C, aikamenetys, liikennetutkimukset, haastattelututkimukset

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin autonkuljettajien sujuvuuden kokemista kaksikaistaisilla pääteillä eri sää-, keli- ja valaistusolosuhteissa. Lisäksi tutkittiin voiko sujuvuutta mitata LAM-tiedoilla. Aineisto kerättiin huoltoasema- ja tienvarsihaastatteluilla, joihin liitettiin rekisteritunnusmenetelmällä kerätyt matkanopeustiedot sekä Tielaitoksen LAM-pisteistä saadut liikennevirtatiedot. Kuljettajilta kysyttiin haastatteluissa, mikä Alert-C -asteikon mukaisista liikennetilanteista (*liikenne sujuvaa/jonoutunut/hidasta/pysähtelee/seisoo*) vastasi heidän mielestään tieosan senhetkisiä liikenneoloja. Autoilijoilta tiedusteltiin myös, kokivatko he ajomukavuuden laskeneen ja mikä oli heidän tavoitenopeutensa kyseisissä olosuhteissa. Lisäksi kysyttiin maksuhalukkuutta moottoritiellä ajamiseksi. Tutkimusta varten haastateltiin noin 1000 kuljettajaa valtateiden 1, 4 ja 6 varrella olevilla huoltoasemilla vuonna 1997. Lisäksi käytettävissä oli noin 1400 aikaisempaa haastattelua.

Sujuvuuden kokeminen oli selvimmän sidoksissa nopeustasoon. Kun tavallisilla kaksikaistaisilla pääteillä matkanopeudet tai LAM-keskinopeudet pysyivät yli 77-78 km/h:n piti yli puolet kuljettajista tilannetta sujuvana. Tavallisesti yli 50 % kuljettajista piti tilannetta sujuvana, kun todellinen nopeus poikkesi tavoitenopeudesta alle 10 km/h. Liikennemäärien suhteen tulokset vaihtelivat. Juhlapyhien menoliikenteessä kesäaikaan puolet kuljettajista piti sujuvana suuriakin liikennemääriä (1200-1300 ajon/h) ja arkiliikenteessä sekä pimeään aikaan varsin pieniä (400-700 ajon/h). Nuoret kuljettajat, mieskuljettajat sekä työ- ja virkamatkalaiset kokivat sujuvuuden heikommaksi kuin muut autoilijat. Heikoissa keli- ja valaistusoloissa sujuvuuden koettiin alentuneen. Kuljettajat myös sopeutuivat jossain määrin liikennetilanteeseen.

Vaikka nopeustaso onkin käyttökelpoinen sujuvuuden mittari, sen ennustaminen on vaikeaa liikenteen satunnaisvaihteluiden vuoksi. Tästä syystä etukäteen tehtävät sujuvuusennusteet joudutaan laatimaan liikennemäärien ja sääennusteen perusteella.

Ohitusten väheneminen suurilla liikennemäärillä ei johdu yksinomaan ohitusmahdollisuuksien vähenemisestä vaan kuljettajien sopeutumisesta olosuhteisiin ja ohitushalukkuuden pienentymisestä. Pimeällä ja heikentyneissä keliolosuhteissa ohitusmäärät laskivat selvästi. Liikenteen sujuvuus ja ajomukavuus liittyivät vahvasti toisiinsa hyvissä olosuhteissa. Sen sijaan pimeällä tai heikentyneissä keliolosuhteissa mukavuuden lasku perustui näiden fyysikaalisten tekijöiden muutoksiin. Pimeällä märkä tie laski huomattavasti ajomukavuutta.

**Kiljunen Matti, Summala Heikki: Liikenteen sujuvuuden kokeminen kaksikais-
taisilla teillä eri ajo-oloissa** [Perception of the quality of traffic flow on two lane main
roads in different driving conditions], Finnish National Road Administration. Helsinki
1998. Tielaitoksen selvityksiä 9/1998. 58 p + appendix. 13 p, ISSN 0788-3722, ISBN
951-726-410-0

Key words: Perception of traffic flow, target speed, traffic information, driving comfort,
value of fluent traffic, Alert C

Abstract

The aim of this study was to find out how changes in traffic volume, weather and light affect the perceived quality of traffic flow on rural two-lane main roads. An additional aim was to clear out how the quality of traffic flow can be estimated from loop detector data. A road-side interview survey was carried out at service stations. Around 1000 car drivers were interviewed in varying weather and light conditions. There were also available 1400 interviews which were made during dry weather in daylight. A detailed traffic flow analysis was done, based on both inductive loop and register plate methods. The drivers were asked for their subjective estimates of the present traffic conditions. A modified Finnish Alert C -level of service -scale (*fluent/ platooning/ slow/ queuing/ stationary traffic*) was used. The drivers were also asked for their target speed, loss of driving comfort and direct willingness to pay for fluent traffic flow.

The investigation showed that the perception of the quality of traffic flow is best associated with speed level. On usual two-lane main roads, 50 % of the car drivers considered the traffic condition as "fluent" when the spot speed level was over 77-78 km/h. 50 % of the car drivers said that traffic was fluent when the difference between target speed and driving speed was less than 10 km/h. Male drivers, young drivers and drivers on work and business trips perceived the traffic less fluent than other drivers. During bad weather and in the dark the quality of traffic flow was lower.

There were certain differences in perception of the quality of traffic flow in regard to traffic volumes. In the midsummer weekend traffic, 50 % of the car drivers said the traffic was fluent when the traffic volume was below 1200-1300 veh/h. In both weekday and dark time traffic the corresponding limit was 400-700 veh/h. Drivers adjusted their driving behaviour and level-of-service requirements according to the traffic conditions. The drivers' willingness to overtake is smaller in high traffic volumes. So, the small overtaking rate in heavy traffic is not only a result of drivers' fewer chances to overtake slower-moving vehicles. In snowy weather, and wet road surface in the dark the number of overtakings was remarkably small.

The perceived quality of traffic flow and the driving comfort covariate in daytime and in good weather. However, the drivers considered the driving comfort very poor in bad weather, especially in the dark and wet road, although perceived quality of traffic flow had not decreased. The driving speed level is very difficult to forecast. Traffic flow estimations made in advance e.g. for weekend traffic must be done together with traffic volume and weather forecasts.

The study has been granted European Community financial aid in the field of Trans-European Networks - Transport.

Alkusanat

Tielaitos tutkii autonkuljettajien liikennetilanteen kokemista selvittääkseen, mitä liikenteen sujuvuus on tienkäyttäjien kannalta, miten sitä kuvataan ja mitataan. Selvitysten tuloksia hyödynnetään Tielaitoksen liikennetiedotuspalvelujen parantamisessa ja Liikenneministeriön Tielaitokselle asettaman liikenteen sujuvuustavoitteen jatkokehittämisessä.

Vuonna 1995-1996 tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin autonkuljettajien liikennetilanteen kokemista kesäolosuhteissa eri liikennetilanteissa kaksikaistaisilla pääteillä. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten kuljettajien käsitykset sujuvuudesta vaihtelevat ajo-olojen eli sää-, keli- ja valaistusolojen mukaan. Lisäksi selvitettiin, voiko liikennetilanteen kokemista kuvaavaa viisiportaista asteikkoa yhdistää HCM-tyyppiseen liikenteen palvelutasoasteikkoon sekä miten luotettavasti LAM-pisteiltä mitatuista pistetiedoista voidaan ennustaa sujuvuutta tieosalla.

Tutkimuksen ovat tehneet Matti Kiljunen ja Heikki Summala Helsingin yliopiston psykologian laitoksen liikennetutkimusyksikössä. Työn ohjausryhmään ovat kuuluneet Risto Kulmala VTT:ltä sekä Mirja Noukka, Jorma Helin, Sami Luoma, Martin Johansson ja Maritta Polvinen Tielaitoksen keskushallinnon Liikenteen palvelut -yksiköstä.

Tutkimukseen on saatu Euroopan unionin liikenteen perusrakenteen kehittämiseen tarkoitettua TEN-T (Trans-European Networks - Transport) -rahoitusta.

Helsingissä maaliskuussa 1998

Tielaitos
Keskushallinto, Liikenteen palvelut

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	9
2 SUJUVUUDEN KOKEMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	10
2.1 Sujuvuuden kokeminen	10
2.2 Liikennevirtamallit ja sujuvuuden kuvaaminen	11
3 MENETELMÄ JA AINEISTOT	13
3.1 Tutkimusmenetelmä	13
3.2 Tutkimusaineistot	14
3.3 Aineiston analysointi	15
4 TULOKSET	16
4.1 Sujuvuuden kokeminen eri liikenne-, keli- ja valaistusolosuhteissa	16
4.2 Kuljettajien taustatekijöiden vaikutus sujuvuuden kokemiseen	26
4.3 Tavoitenopeuden vaikutus sujuvuuden kokemiseen	30
4.4 Sujuvuuden ja matkanopeuksien ennustettavuus LAM-tiedoista	31
4.5 Kelin kokeminen ja vaikutus nopeustasoon	38
4.6 Ohitushalukkuus ja ohitusaste	39
4.7 Kuljettajien maksuhalukkuus sujuvuuden parantamiseksi	40
4.8 Matka-ajankohdasta päättäminen	41
4.9 Koettu aikamenetys liikenteessä	42
5 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	44
5.1 Tulosten tarkastelu	44
5.2 Vertailu aikaisempiin tutkimuksiin	46
5.3 Johtopäätökset	51
KIRJALLISUUSLUETTELO	56

LIITTEET

- Haastattelulomake
- Kartta haastattelupaikkojen ja mittauspisteiden sijainnista
- Haastateltujen kuljettajien taustatietojen jakaumat tieosittain
- Haastatteluajankohtien sää- ja liikenneolot

1 JOHDANTO

Suomessa pimeys, talviolosuhteet ja pitkät välimatkat ovat keskeisiä ongelmia liikenteen käyttäjille ja liikennejärjestelmien ylläpitäjille. Liikenneverkon hallinnan ja liikennetiedottamisen kannalta on tarpeellista tietää, miten liikennemäärien vaihtelu muuttuvissa keli- ja valaistusolosuhteissa vaikuttaa liikenteen sujuvuuteen, ajokäyttäytymiseen sekä informaatiotarpeisiin. Näin voidaan arvioida missä olosuhteissa tarvitaan erityistä liikenteen seurantaa, toimenpiteitä tai kuljettajia tukevaa tiedottamista. Kuljettajat taas haluavat omaa päätöksentekoaan varten tietoa keli-, sää- ja liikenneolosuhteiden muutoksista tieverkolla.

Alert C -protokolla on standardiehdotus siitä, kuinka liikennetilanteet luokitellaan, kuvataan ja koodataan yhteiseurooppalaisessa digitaalisessa RDS-TMC -liikennetiedotusjärjestelmässä. Vuonna 1995 selvitettiin haastattelu- ja liikennevirta-aineistojen avulla mitkä liikenneolosuhteet kaksikaistaisilla teillä vastaavat kuljettajien mielestä Alert C -protokollan mukaisia liikennetilanteita kesäolosuhteissa (Kiljunen ja Summala 1996). Kyseisen tutkimuksen valmistumisen jälkeen pidettiin tarpeellisena hankkia tietoa myös siitä, miten erilaiset valaistus-, sää- ja keliolosuhteet vaikuttavat sujuvuuden ja liikennetilanteen kokemiseen. Lisäksi haluttiin selvittää

- miten sujuvuutta kuvataan ja mitataan tienkäyttäjän kannalta
- voidaanko poikkileikkaustiedosta mitata sujuvuutta ja ennustaa matka-aikoja
- kuinka ennustettavaa sujuvuus on (LAM-pisteistä), miten paljon ennusteseen voi eri tilanteissa luottaa
- millaisia sujuvuuden seurantamenetelmiä tarvitaan
- voiko Alert-C -liikennetilanneasteikon yhdistää HCM-tyyppiseen liikenteen palvelutasoasteikkoon.

Tien liikenteellinen palvelutaso tarkoittaa tässä HCM:ssä kuvattua liikennevirran laadullista mittausta, jota voidaan kuvata liikenteen nopeuden, aikavälien, operointivapauden ym. teknisten mittojen avulla (TRB 1994).

Tutkimusta suunniteltaessa tavoitteeksi otettiin noin 1000 haastattelua käsittävän lisäaineiston keruu huonoissa sää-, keli- ja valaistusoloissa vilkkaassa menoliikenteessä kaksikaistaisilla pääteillä. Tarkoitukseen sopivaa vertailuaineistoa hyvistä olosuhteista oli valtateiltä 1, 4, 6 ja 7 ennestään käytettävissä yhteensä noin 1400 haastattelua.

2 SUJUVUUDEN KOKEMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

2.1 Sujuvuuden kokeminen

Liikenteen sujuvuudelle ei ole yksiselitteistä mittaria. Kirjallisuudessa on kuitenkin pyritty määrittelemään useita erilaisia sujuvuuden kokemiseen vaikuttavia tekijöitä.

Tielaitoksella tehtiin vuosina 1997-1998 myös tämän tutkimuksen mittausaineistoja hyödyntänyt selvitys (Luoma 1998), joka käsittelee sujuvuutta laajasti tienpitäjän, henkilöautoliikenteen, raskaan liikenteen, joukkoliikenteen sekä kevyen liikenteen kannalta. Luoman raportissa liikenteen sujuvuutta tarkastellaan liikenneverkon kykynä palvella liikennettä. Sujuvuuteen vaikuttavat verkon tekninen taso ja sen toimivuus eri liikennetilanteissa. Tällöin liikenne voi olla väyläkohtaisesti toimivaa, mutta palvelukyky on huono koska tekninen taso on alhainen esim. huonon yhdistävyyden vuoksi. Sujuvuus voi olla huono myös tieverkon ollessa kunnossa, jos liikennettä on liikaa. Tienpitäjä tarkastelee sujuvuutta järjestelmätasolla ja tienkäyttäjä yksilötasolla. Sujuvuuteen liittyvät näkökulman mukaan häiriöttömyys, odotusten mukaisuus ja tehokkuus. Sujuvuuteen vaikuttavat esimerkiksi tavoitenopeus tai -aika, matka-aika, matkanopeus, liikennemäärä, olosuhdetekijät jne. Sujuvuuteen liittyvät olennaisesti objektiivisen mitattavuuden ja subjektiivisen kokemuksen käsitteet. Yhtä kaikkiin tarpeisiin soveltuvaa mittaria on vaikea toteuttaa. Sen vuoksi on tärkeää tunnistaa mittarien eri käytöt ja niiden vaatimukset.

Sujuvuuteen liittyvät tekijät voidaan jakaa väylätekijöihin, liikennetekijöihin ja "muihin tekijöihin". Väylätekijät tarkoittavat välityskykyyn vaikuttavia tekijöitä kuten mm. tietyyppiä, tien kuntoa, liittymiä ja liikenteen ohjausta. Liikennetekijöihin kuuluvat liikennemäärä, raskaan liikenteen osuus, liikenteen vaihtelumuodot ja erilaiset häiriöt. Muilla tekijöillä tarkoitetaan esim. keliä, säätä ja liikennetiedottamista, jotka voivat vaikuttaa kuljettajien ajokäyttäytymiseen. Sujuvuuteen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa myös staattisiin, lyhyellä aikavälillä muuttumattomiin sekä dynaamisiin, lyhyellä aikavälillä muuttuviin tekijöihin. Staattisia ovat lähinnä välityskykyyn vaikuttavat tekijät (Luoma 1998).

Sujuvuuden kokemiseen voivat näiden lisäksi vaikuttaa myös tienkäyttäjän kokemukset ja odotukset. Kuljettajat sopeuttavat jossakin määrin ajokäyttäytymistään ja tavoitteitaan, esimerkiksi tavoitenopeuttaan, liikennetilanteen vaatimuksiin. Sujuvuuden kokeminen perustuu pitkälti siihen, pysyykö tavoitenopeuden ja todellisen matkanopeuden ero siedettävänä. Välittömään liikennetilanteen kokemiseen vaikuttavat liikennevirran ominaisuuksien lisäksi myös kuljettajakohtaiset taustatekijät sekä matkaan liittyvät tekijät (Kiljunen ja Summala 1996, 1997).

2.2 Liikennevirtamallit ja sujuvuuden kuvaaminen

Kaksikaistaisen liikennevalottoman tien liikennevirran sujuvuudelle on nopeustason lisäksi useita erilaisia teoreettisia tarkastelumalleja. Tunnetuimpia näistä on liikenteellisen palvelutason käsite. Lisäksi mm. liikennevirran makro- ja mikroteoriat tarjoavat mahdollisuuden tarkastella asiaa eri näkökulmista.

HCM:n mukainen tien liikenteellisen palvelutason luokitus kuvaa sujuvuutta teknisesti keskinopeuden, käyttösuhteen ja operointivapauden eli viivytettynä ajavien osuuden avulla. Palvelutaso voidaan määritellä eri tyyppisille teille näiden geometristen ym. ominaisuuksien perusteella. Palvelutasoluokkien rajat eivät siis ole kiinteät vaan ne ovat suhteessa tieosan maksimivälityskykyyn (TRB 1994). Koettua sujuvuutta tarkasteltaessa ongelmana on, että palvelutasomalli hyväksyy esim. kahdella peräkkäisellä, geometrialtaan eritasoisella tieosalla vallitsevat erilaiset nopeusolosuhteet samaan palvelutasoluokkaan. Lisäksi teoreettinen viivytettynä ajo (alle 5 s edelläajavasta) ei välttämättä kuvaa yksittäisen kuljettajan käsitystä liikenteestä.

Kaksikaistaisten teiden liikennevirran makromallit ovat painottuneet kapasiteettitarkasteluihin, näistä johdettuun palvelutason käsitteeseen sekä nopeustiheysmalleihin. Tällaisten mallien ongelmana sujuvuuden tarkastelun kannalta Suomessa on se, että kaksikaistaisilla teillä eivät liikennemäärät juuri nouse kapasiteetin ylärajoille. Samoin nopeus-tiheysmallin mukainen nopeuksien "romahtaminen" liikennetiheyden kasvun seurauksena on varsin harvinaista maamme teillä.

Makromalleista liikennevirran aaltomallit, kineettiset mallit, hydrodynaamiset mallit (hydrodynamic theory, fluid analogy models) ja seuraamismallit (car following models) antavat kukin omalla alueellaan mielenkiintoisen mahdollisuuden tarkastella liikennevirtaa ja sen kautta ennustaa sujuvuutta. Ne ovat kuitenkin useimmiten matemaattisesti monimutkaisia lukuisine muuttujineen ja käytännön sovellutukset ovat vähäisiä. Sujuvuuden kannalta aaltomallit saattavat tarjota käyttökelpoisen mahdollisuuden ennustaa häiriöiden ja mm. pullonkaulojen vaikutusta liikennevirtaan. Periaatteessa on mahdollista arvioida aikavälijakaumien avulla milloin tietyn tyyppiset vuorovaikutukset (esim. shokkiaallot) voivat liikennevirrassa olla mahdollisia. On kuitenkin ilmeistä, että eri liikennetiheyksillä tarvitaan eri malleja liikenneprosessin kuvaamiseen (McClean 1989).

Mikrotason malleissa kaksikaistaisen tien liikennevirtaa tarkastellaan yksittäisten ajoneuvojen tekemien operaatioiden kautta. Perustapahtumia ovat nopeuseroista johtuva hitaampien ajoneuvojen tavoittaminen, ohitusmahdollisuuden odottaminen, tästä aiheutuva jonoutuminen sekä ohitukset. Eri tyyppisiä mikromalleja on lukuisia (McLean 1989). Sujuvuuden kokeminen perustunee pitkälti siihen, minkä merkityksen kuljettaja kullekin yksittäiselle tapahtumalle antaa. Mikrotason tapahtumien mittaaminen tutkimusmielessä saati tien ylläpitäjän jatkuviin tarpeisiin on äärimmäisen työlästä. Helpoimmin mitattavissa olevia mikrotason ominaisuuksia ovat aikavälijakaumat, jotka kertovat mm. jonojen pituuksista tieosalla. Kun tunnetaan mittauspisteen jälkeisen tieosan ominaisuudet, kuten ohitusnäkemät tai ohituskaistat, on periaatteessa mahdollista simuloimalla ennustaa poikkileikkauksesta mitattujen aikavälien ja nopeuksien perusteella miten ajoneuvot saavuttavat toisiaan, miten eri nopeuksilla ajavia jonoja muodostuu ja kuinka sujuvuus koetaan eri liikennemäärillä.

Tieosan sujuvuutta voidaan teknisesti kuvata myös ohituskysynnän ja -tarjonnan mallien ja näistä kehitettyjen tasapaino/siirtymämallien (equilibrium/transition model) avulla. Malleissa oletetaan kuljettajien havaitseman palvelutason olevan sidoksissa heidän mahdollisuuksiinsa ohittaa hitaampia ajoneuvoja. Liikennemäärän kasvun seurauksena ajoneuvojen välisistä nopeuseroista johtuva ohituskysyntä ylittää jossain vaiheessa tieosan tarjoamat ohitusmahdollisuudet. Tästä on seurauksena jonopituuksien kasvu ja koetun sujuvuuden lasku. Sovellettaessa malleja todellisuuteen on vaikeutena mm. teoreettisen ohituskysynnän ja ohitustarjonnan vertailu sekä viivytettynä ajon vaikutus teoreettiseen sekä todelliseen ohituskysyntään (McLean 1989). Kuljettajat sopeuttavat käyttäytymistään liikenneolosuhteisiin ja mm. ohitushalukkuus eli ohituskysyntä vähenee liikennemäärän kasvaessa (Kiljunen ja Summala 1996).

HCM:n palvelutasokäsitteeseen verrattuna tasapaino/siirtymämallit kuitenkin huomioivat peräkkäisten tieosien erojen vaikutuksen liikennetilanteeseen. Näillä päästään myös tarkastelemaan epäjatkuvuuskohtia tai "pullonkauloja".

Yhteistä useimmille liikennevirran tapahtumia ja/tai sujuvuutta kuvaaville mittareille on, että ne ovat joko teknisiä, operointiin liittyviä tai "ylhäältä annettuja" eli tieverkon ylläpitäjä tai tutkija on määritellyt sekä mittarit että sujuvuuden raja-arvot. Tässä tutkimushankkeessa sujuvuuden käsitettä on tarkasteltu yksittäisen tienkäyttäjän näkökannalta kysymällä kuljettajilta eri liikenne-, keli- ja valaistusolosuhteissa mielipidettä tieosan senhetkisestä sujuvuudesta ja ajomukavuudesta. Sujuvuuden kokemista on lähdetty selvittämään useilla eri kysymyksillä ja tieosan liikenneolojen ja -tapahtumien mittaaminen on tehty samoin useilla eri menetelmillä.

3 MENETELMÄ JA AINEISTOT

3.1 Tutkimusmenetelmä

Edellä kuvattujen, sujuvuuden määrittelyyn liittyvien monien erilaisten näkökulmien vuoksi tässä tutkimuksessa haluttiin mitata sujuvuuden kokemista tarkasti määritellyssä ympäristössä ja usean mittarin avulla. Tutkimuskohteena olivat kaksikaistaiset, liikennevalottomat päätiet kaupunkialueiden ulkopuolella. Tämä tietyyppi muodostaa maamme pääväyläverkon rungon ja sen ylläpito, liikenteen hallinta ja turvallisuuden kehittäminen vaativat tienpitäjältä huomattavaa panostusta.

Autonkuljettajia haastateltiin huoltoasemilla ja kyselylomakkeeseen merkittiin haastattelukellonaika sekä ajoneuvon rekisteritunnus. Samanaikaisesti haastattelujen kanssa tehtiin rekisteritunnusmittaukset ajosuunnassa kahdella videokameralla sekä kerättiin liikennevirtatiedot Tielaitoksen kiinteistä mittauspisteistä. Näin voitiin haastateltujen kuljettajien vastauksiin ja taustatietoihin yhdistää tiedot matkanopeuksista, ohituksista sekä liikennevirran muuttujista. Lisäksi LAM-pisteiden nopeus- ja liikennemäärätietoja voitiin verrata rekisteritunnusmenetelmällä kerättyihin matkanopeuksiin. Pimeällä osa haastatteluista tehtiin ilman rekisteritunnusmittauksia LAM-tiedon varassa.

Haastattelukysymyksillä selvitettiin liikennetilanteen ja sujuvuuden kokemista useilla eri tavoin. Tällä tavoin voitiin sekä tutkia yksittäisen kysymyksen toimivuutta että saada laajempi näkökulma tilanteeseen. Kuljettajilta tiedusteltiin

- mikä käytössä olevista liikennetilannekuvauksista Alert-C -asteikolla *liikenne sujuvaa/jonoutunut/hidasta/pysähtelevää/seisoo* vastasi parhaiten heidän näkemystään tieosan senhetkistä olosuhteista
- tavoitenopeutta kyseisellä tieosalla vallitsevissa liikenneolosuhteissa
- pienensikö liikennemäärä (tai keli tai pimeys) ajomukavuutta
- arvioitua muun liikenteen (ja kelin) aiheuttamaa aikamenetystä ko. matkalla
- maksuhalukkuutta sujuvuuden parantamiseksi.

Tavoitenopeudella tarkoitetaan tässä nopeustasoa, jonka kuljettaja yrittää pitää yllä kyseisellä tieosalla vallitsevissa liikenneoloissa. Liikennetilanteen mukainen tavoitenopeus on siis eri asia kuin ns. tyhjän tien tavoitenopeus (desired speed), jota kuljettajat ajaisivat mikäli muut ajoneuvot eivät aiheuttaisi viivytyksiä (Kiljunen ja Summala 1996).

Maksuhalukkuutta testattiin kysymällä paljonko kuljettaja olisi valmis maksamaan päästäkseen ajamaan tullimoottoritietä esim. Porvoo-Kouvola -välillä.

3.2 Tutkimusaineistot

Vuosien 1995 ja 1996 aineistot

Vuosina 1995-1996 kerättiin autonkuljettajilta laaja haastatteluaineisto sekä huoltoasemahaastatteluilla että pysäytysmenetelmällä. Samaan aikaan haastatteluiden kanssa tehtiin rekisteritunnusmittaukset sekä kerättiin liikennevirtatietoa LAM-pisteistä. Aineistossa oli kaikkiaan yli 1400 päivää aikaan hyvissä sää- ja keliolosuhteissa tehtyä haastattelua valtateiltä 1, 4, 6 ja 7. Haastatteluissa oli kysytty kuljettajien taustatietojen lisäksi myös mielipide liikennetilanteesta Alert-C -asteikolla sekä mm. ajomukavuudesta ja tavoite-nopeudesta. Aineistot on yksityiskohtaisesti kuvattu Tielaitoksen raportissa 25/1996 (Kiljunen ja Summala 1996) sekä Liikenneministeriön julkaisussa 45/1997 (Kiljunen ja Summala 1997).

Vuoden 1997 aineisto

Haastatteluaineiston laajentamisella pyrittiin selvittämään kuljettajien mielipiteitä liikennetilanteesta eri sää-, keli-, valaistus- ja liikenneoloissa. Lisäksi voitiin kerätä matkanopeustietoja muuttuvista olosuhteista. Huoltoasemahaastatteluja tehtiin kolmella tieosalla kaikkiaan 1030. Haastattelukertoja oli 14.2.1997 - 9.1.1998 yhteensä 12, kahtena päivänä tehtiin haastatteluja samanaikaisesti kahdella eri huoltoasemalla. Rekisteritunnusmittauksia matkanopeuksien ja ohitusten selvittämiseksi tehtiin yhteensä noin 35 tuntia. Haastatteluihin pyrittiin ottamaan pääkaupunkiseudun suunnasta tulevia kuljettajia. Rekisteritunnusmittaukset tehtiin samoin pääkaupunkiseudulta poispäin johtavan suunnan liikenteestä. Haastattelutietoihin liitettiin myös Tielaitoksen liikenteen automaattisesta mittausjärjestelmästä saadut liikennemäärä- ja pistenopeustiedot 15 min jaksoilta.

Talvihaastatteluja tehtiin yhteensä neljänä päivänä helmi-maaliskuussa 1997 vt 1:llä ja vt 6:lla. Keli- ja sääolosuhteet vaihtelivat mittauspäivinä aurinkoisesta kuivasta kelistä tiheään jatkuvaan lumisateeseen. Lisäaineiston keräämiseksi mahdollisimman raskaasti kuormittuneista liikenneolosuhteista kaksikaistaisilla pääteillä haastateltiin juhannuksen menoliikenteessä ajoneuvonkuljettajia vt 4:lla ja vt 6:lla sekä elokuussa vt 1:llä perjantailiikenteessä.

Pimeyden vaikutusta autonkuljettajien liikennetilanteen kokemiseen selvitettiin vt 6:lla ja vt 1:llä. Vt 6:lla tehtiin myös samanaikaiset rekisteritunnusmittaukset. Pimeällä kuvaukset tehtiin valaisemalla takakilvet linja-autopysäkillä pysäköityjen kamera-autojen ajovaloilla. Vt 1:ltä kerättiin vain haastatteluaineisto joka yhdistettiin LAM-tietoihin. Haastatteluiltoja oli molemmilla tieosilla useampia.

Kaikki liikennemäärät, keskinopeudet ja matkanopeudet mitattiin Helsingin suunnasta tulevalta liikenteeltä. Vastaava tuntiliikenne on laskettu 15 minuutin jaksoista jos muuta ei ole ilmoitettu.

Haastattelulomake, kartta haastattelu- ja mittaustieosilta, mittaustieosien pituudet, tarkat haastatteluajankohdat, haastattelupäivien sää-, keli- ja liikenneolosuhteet sekä haastateltujen kuljettajien taustatekijät tieosittain on esitetty liitteissä 1-4.

3.3 Aineiston analysointi

Haastatteluaineistoon liitettiin Tielaitoksen liikenneantureista saadut liikennevirtatiedot sekä rekisteritunnusmenetelmällä saadut matkanopeudet, ohitusmäärät, aikavälit sekä hetkellistä liikennetilannetta kuvaava keskimääräinen aikaväli liikennevirrassa. Keskimääräinen aikaväli laskettiin liukuvana keskiarvona, jossa yksittäisen kuljettajan osalta huomioitiin 15 edellä ajavan ja 5 takana ajavan ajoneuvon aikavälit.

Liikennetilanteen kokemisen osalta analyysi tehtiin jakamalla vastaajat ryhmiin liikennetilanteen perusteella ja tarkastelemalla eri vastausten suhteellisia osuuksia. Ajo-olojen ja kuljettajien taustatekijöiden vaikutusta vastauksiin tarkasteltiin myös regressiomallien avulla.

Matkanopeudet on laskettu keskiarvona kahden pisteen väliltä. Tällä menetelmällä ei ole mahdollista suoraan arvioida matkalla tapahtuneita nopeuden muutoksia. Ohitusmäärät tarkoittavat koko tieosan läpi ajaneiden ajoneuvojen keskinäisiä ohituksia. Todellisten ohitusmäärien voi arvioida olevan noin 1/5 korkeampia. Tämä arvio perustuu siihen, että noin kolmasosa ajoneuvoista ajoi vain osan mittaustiejaksosta. Ohitusaste kuvaa aktiivisia ohituksia yhtä ajoneuvoa ja tiekilometriä kohden.

Tuloksia esitettäessä on pääpaino helpoimmin saatavissa ja ennustettavissa olevalla liikennevirtamuuttujalla eli liikennemäärällä. Vastaava tuntiliikenne (ajoneuvoa tunnissa) on tavallisesti laskettu 15 min jaksoilta.

4 TULOKSET

4.1 Sujuvuuden kokeminen eri liikenne-, keli- ja valaistusoloissa

Tutkimuksella haluttiin selvittää, mitkä liikennetilanteet kuljettajien mielestä vastasivat käytössä olevia Alert-C -liikennetilannekuvauksia ja oliko liikennetilanteen kokemisessa eroja eri keli- ja valaistusolosuhteissa.

Sujuvuutta tarkasteltiin Alert-C -asteikon *liikenne sujuvaa- jonoutunut-hidas-pysähtelee-seisoo* sujuvan liikennetilanteen kuvaamana. Toisena muuttujana käytettiin ajomukavuutta. Liikennevirtamuuttujana on kuvissa käytetty 15 minuutin jaksoilta laskettua vastaavaa tuntiliikennettä.

Kesähaastatteluiden 1995 käytettiin hieman erilaista liikennetilanneasteikkoa *vapaa-vilkas-jonoutuva-hidas-pysähtelevä-seisoo*, jossa sujuvaksi laskettiin tässä tutkimuksessa vapaa ja vilkas liikenne. Perusteluna tähän oli vuonna 1995 käytössä ollut tarkistuskysymys (*liikenne sujuvaa-ruuhkautunut-tukkiutunut*). Tulosten perusteella siirryttiin käyttämään nykyistä asteikkoa mm. koska termi *vilkas* ei osoittautunut toimivaksi vaan keräsi saman osuuden vastauksista lähes kaikissa liikenneoloissa (Kiljunen ja Summala 1996).

Sujuvuuden lisäksi kuljettajilta kysyttiin myös ajomukavuuden menetyksestä kyseisissä olosuhteissa. Vuosina 1995-1996 asteikko oli kolmiportainen *ajomukavuus laskee paljon/jonkin verran/ei ollenkaan*. Vuonna 1997 siirryttiin kaksiporaiseen kyllä/ei -kysymykseen jota täydennettiin kysymällä, mitkä tekijät ajo-olosuhteissa (*liikenne/pimeys/keli*) laskevat ajomukavuutta. Muutoksen tarkoituksena oli yksinkertaistaa haastattelutilannetta ja helpottaa eri tyyppisissä valaistus- ja keliolosuhteissa saatujen vastausten vertailua. Aikaisempien haastattelujen perusteella syntyi vaikutelma että kuljettajien oli helppo vastata mukavuuden laskevan ”jonkin verran”.

Kuljettajilta tiedusteltiin myös tavoitenopeutta vallitsevissa liikenneolosuhteissa kyseisellä tieosalla. Tavoitenopeuksista on kuvissa esitetty keskiarvot eri liikennemäärillä. Vastaukset annettiin usein 5 tai 10 km tarkkuudella. Kuljettajilta kysyttiin myös oliko tavoitenopeus mittari- vai todellinen arvo ja mikä oli mahdollinen korjauslukema. Analyysissä käytettiin mittarivirheellä korjattua arvoa.

Vastausjakaumien lisäksi on esitetty tieosalla vallitsevat keskimääräiset matkanopeudet sekä keskimääräinen ohitusaste eri liikennemäärillä tunnin mittausjaksoissa. Kuljettajien taustatekijöillä oli myös vaikutusta liikennetilanteen kokemiseen. Taustatekijät kuitenkin korreloivat keskenään ja luvussa 4.2 on erikseen kuvattu regressiomallien avulla lasketut taustatekijöiden vaikutukset sujuvuuden kokemiseen eri tieosilla.

Sujuvuuden ja mukavuuden kokeminen vt 1:llä

Vt 1:llä kuljettajia haastateltiin eri valaistusoloissa sekä päiväaikaan hyvissä sääoloissa ja räntäsateella. Matkanopeudet ja ohitukset mitattiin väliltä Nummenkylä-Hiidenvesi, lisäksi yhtenä mittauspäivänä (14.2.1997, kuiva tie) mitauksia tehtiin välillä Hiidenvesi-Lahnajärvi. Haastattelut tehtiin Hiidenvedellä ja lisäksi 14.2.1997 Lahnajärvellä. 9.1.1998 haastateltiin vain Lahnajärvellä.

Syksyllä ja talvella vastaavat liikennemäärät koettiin vt 1:llä vähemmän sujuvana kuin kesäaikaan. Kesällä puolet kuljettajista ei pitänyt liikennettä enää sujuvana kun liikennemäärä nousi 1200 ajon/h tasolle. Muuna aikana vuodesta tämä 50 % taso tuli vastaan noin 700-900 ajon/h liikennemäärillä.

Pimeyden tai kelin vaikutus sujuvuuden kokemiseen ei syksyllä ja talvella ollut kovin suuri. Haastattelupaikan sijainnilla (Hiidenvesi tai Lahnajärvi) ei ollut juuri vaikutusta sujuvuuden kokemiseen päiväsaikaan pienillä liikennemäärillä. Sen sijaan märällä ja pimeällä tiellä koettiin sujuvuus selvästi alemmaksi Lahnajärvellä. Lahnajärvi on Hiidenveteen verrattuna yli 20 km kauempana moottoritien päätepaikasta. Joululiikenteessä pimeällä sujuvuus koettiin vastaavia oloja paremmaksi, mikä oli tyypillistä muillakin tieosilla aattopäivien menoliikenteelle.

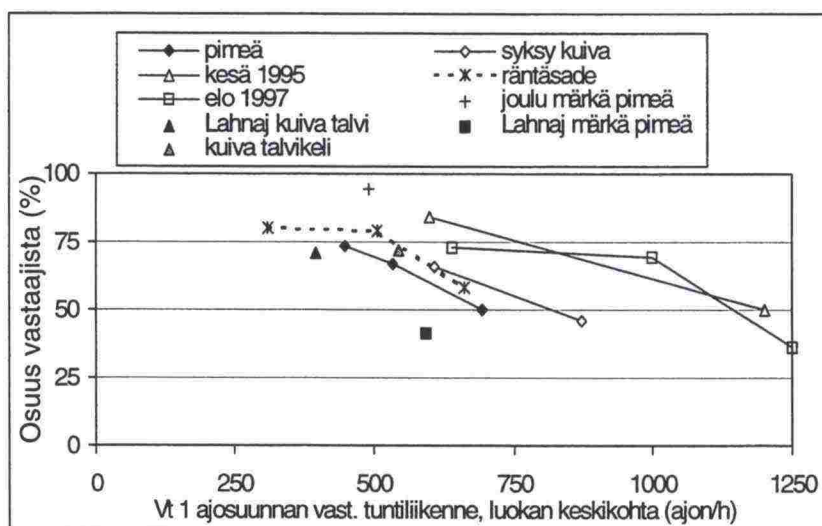
Liikennemäärän vaikutus ajomukavuuteen oli keli- tai valaistusolosuhteista riippumatta sama vt 1:llä (kuva 2). Esimerkiksi pimeällä märällä tiellä liikennemäärän ollessa keskimäärin 520 ajon/h noin 20 % kuljettajista sanoi liikennemäärän laskevan ajomukavuuttaan, 40 % sanoi syyksi kelin ja 70 % pimeyden (voitiin nimetä useampi kuin yksi syy). Lahnajärvellä kauempana moottoritien päättymispaikasta ajomukavuus oli selvästi alentunut myös hyvällä kelillä.

Matkanopeudet laskivat Nummenkylä-Hiidenvesi -välillä varsin loivasti liikennemäärien kasvaessa. Hiidenvesi-Lahnajärvi -välillä matkanopeudet olivat selvästi alempia mikä johtuu mm. Saukkolan kohdalla olevasta 60 km/h nopeusrajoituksesta, mäkisestä maastosta ja paikallisliittymien suuresta määrästä. Matkanopeuksien hajonta oli suurilla liikennemäärillä 3-5 km/h. Ohitusaste nousi Hiidenvesi-Lahnajärvi -välillä liikennemäärän kasvaessa 700 ajon/h saakka, minkä jälkeen ohitusmäärät vakiintuivat tasolle 0.06 ohitusta/ajon/km. Hiidenvesi-Lahnajärvi -välillä ohitusaste oli liikennemäärään verrattuna jonkin verran korkeampi. Räntäsade tuntui pudottavan hieman ohitusmääriä vt 1:llä verrattuna kuiviin kesä- ja syysolosuhteisiin.

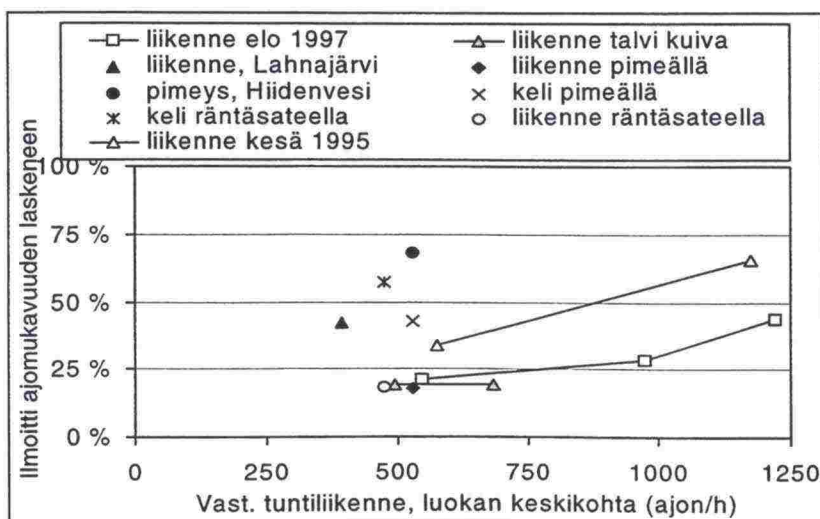
Nopeustasolla oli vt 1:llä merkitsevämpi vaikutus sujuvuuteen kuin liikennemäärällä. 50 % kuljettajista piti Hiidenvedellä kaikissa olosuhteissa tilannetta sujuvana jos matkanopeudet tai LAM-keskinopeudet olivat yli 77-78 km/h. Ongelmana nopeustason kannalta on kuitenkin vaikea ennustettavuus liikennevirran satunnaisvaihteluiden vuoksi.

Kuvissa 1 ja 2 on esitetty kuljettajien sujuvuuden ja ajomukavuuden kokeminen vt 1:llä eri haastattelupäivinä suhteessa ajosuunnan liikennemäärään. Ajomukavuuskuvassa on esim. pimeähaastatteluiden osalta ilmoitettu erikseen sekä pimeyden, kelin että liikennemäärän vaikutus liikennemäärän ollessa keskimäärin 520 ajon/h. Ajomukavuustuloksia tarkasteltaessa tulee huomata että kesällä 1995 kuljettajat saivat valita vastauksensa kolmiportaisesta asteikosta *mukavuus laskee paljon/ jonkin verran/ ei ollenkaan* jossa kaksi alinta luokkaa yhdistettiin tuloksia tarkasteltaessa. Vuonna 1997 käytettiin kaksiportaista kyllä/ei asteikkoa.

Seuraavalla sivulla on kuvissa 3-5 vertailtavana samoilta päiviltä kuljettajien tavoitenopeudet, kaikkien ajoneuvojen keskimääräiset matkanopeudet sekä ohitusaste. Koska kuvissa muuttujat ovat eri tyyppisiä ja niiden lukumäärä vaihtelee, eivät olosuhteita vastaavat symbolit ole aina samanlaisia.

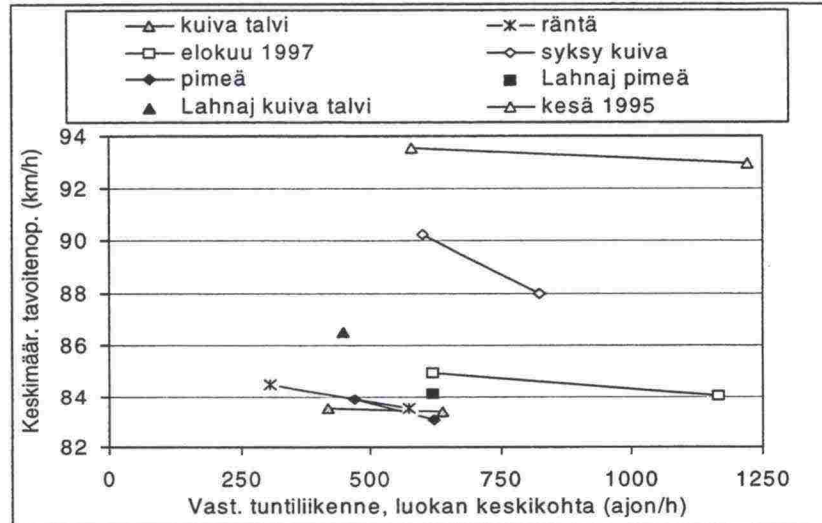


Kuva 1. Sujuvaksi liikennetilanteen kokevien osuus eri olosuhteissa vt 1:llä

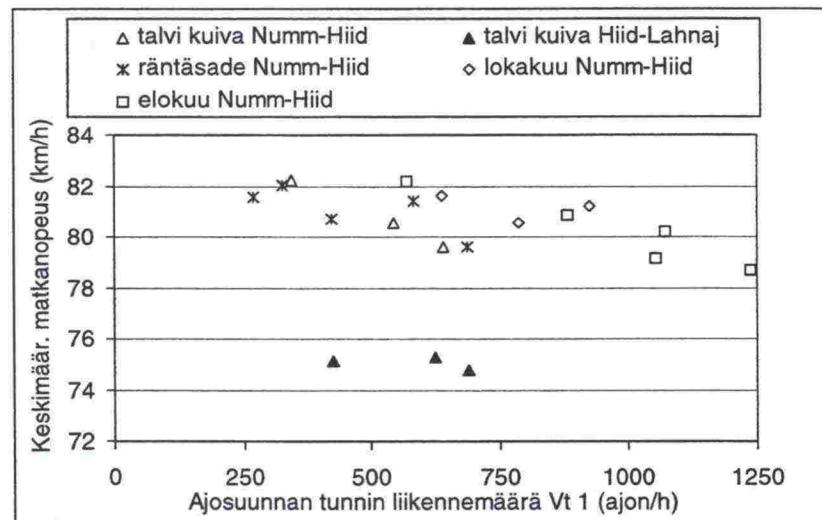


Kuva 2. Ajomukavuuden lasku vt 1:llä eri olosuhteissa

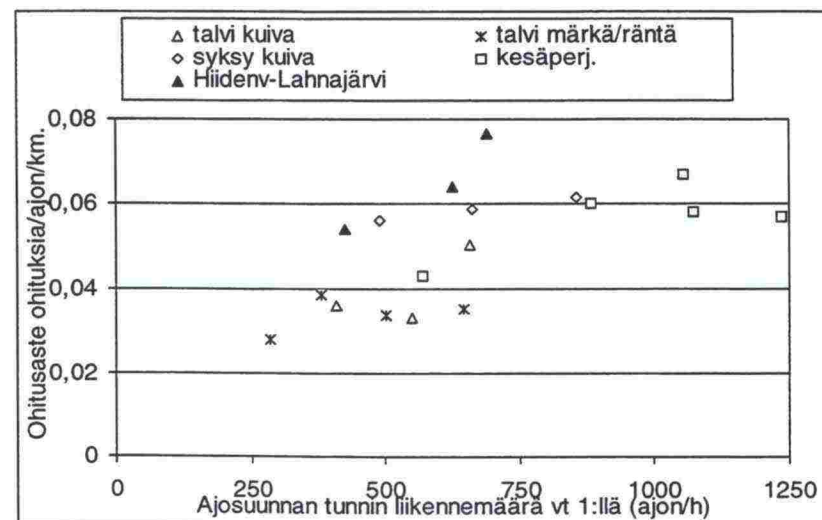
TULOKSET



Kuva 3. Liikennemäärän vaikutus kuljettajien tavoitenopeuksiin eri haastattelupäivinä vt 1:llä



Kuva 4. Matkanopeudet eri olosuhteissa vt 1:llä tunnin jaksossa väleillä Nummenkylä-Hiidenvesi ja Hiidenvesi-Lahnajärvi

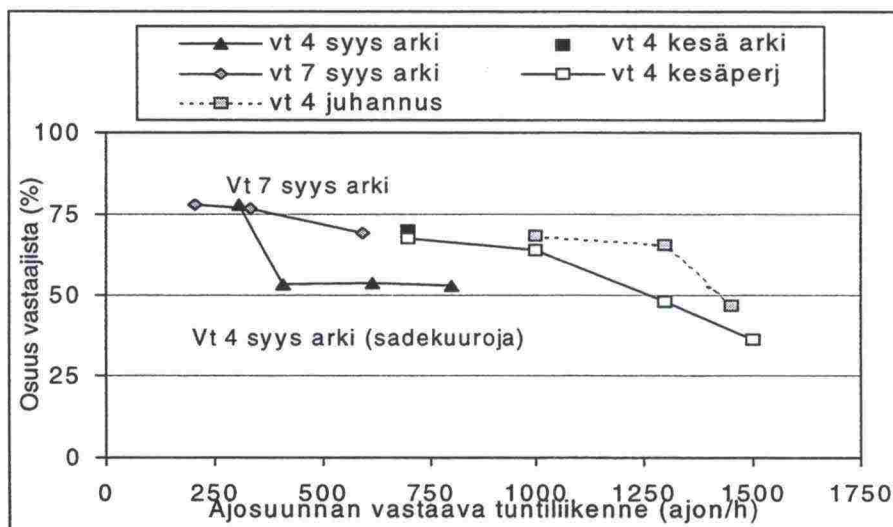


Kuva 5. Ohitusaste eri olosuhteissa tunnin jaksossa vt 1:llä

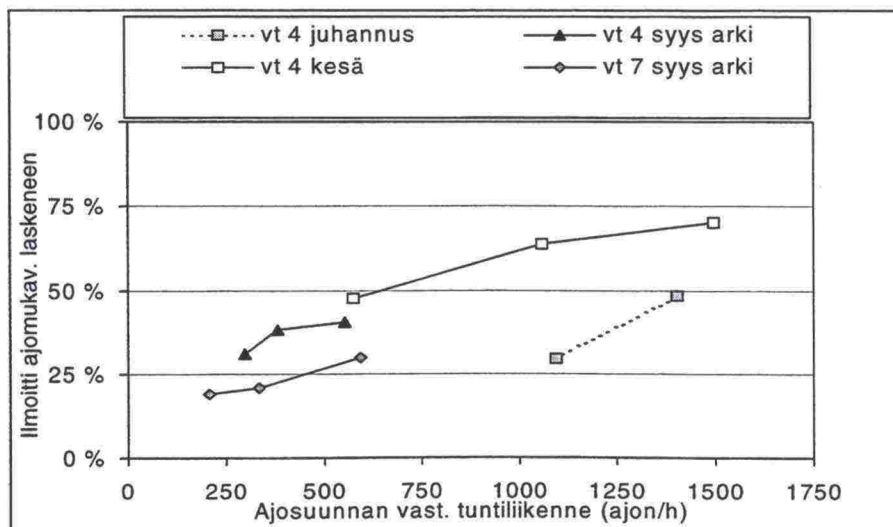
Sujuvuuden ja mukavuuden kokeminen moottoriliikenneteillä

Kuvissa 6-8 on vertailtavana liikennemäärän vaikutus sujuvuuteen, ajomukavuuteen ja tavoitenopeuteen vt 4:lla sekä yhtenä haastattelupäivänä vt 7:lla. Lisäksi kuvissa 9-10 on esitetty liikennemäärän vaikutus ajoneuvojen matkanopeuksiin sekä ohitusasteeseen eri mittauspäivinä. Ajomukavuuden menetyksestä kysyttiin vt 4:lla juhannusliikenteessä kaksipuolaisella asteikolla *laskee/ei laske* ja muina päivinä kolmiportaisella asteikolla *laskeeko ajomukavuus paljon/jonkin verran/ei ollenkaan*. Vt 4:lla oli sadekuuroja syksyn haastattelupäivänä, millä ilmeisesti oli vaikutusta tuloksiin.

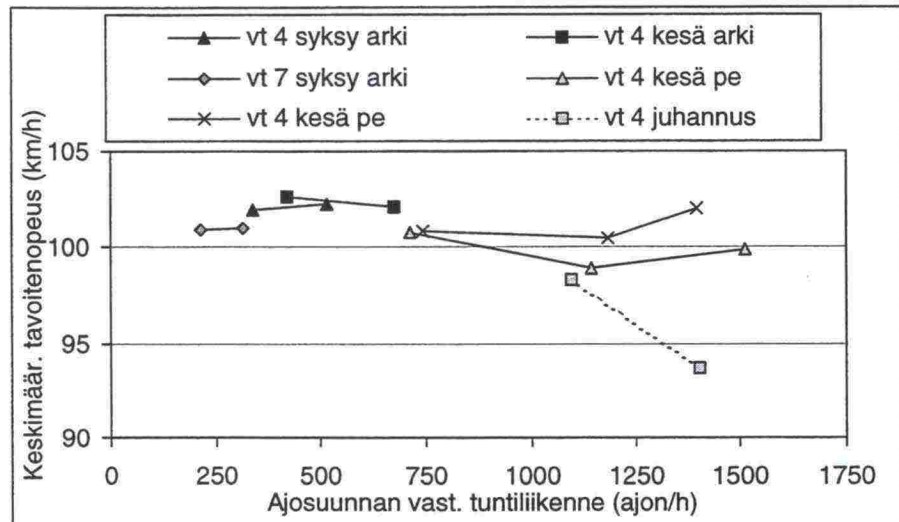
Matkanopeudet ja ohitukset mitattiin vt 4:lla välillä Mäntsälä-Tuuliharja. Vt 7:lla mittaustiejaksona oli Helsingin suunnan moottoritien päättymiskohdan jälkeinen 10 km mittainen, Porvoon ohittava osuus.



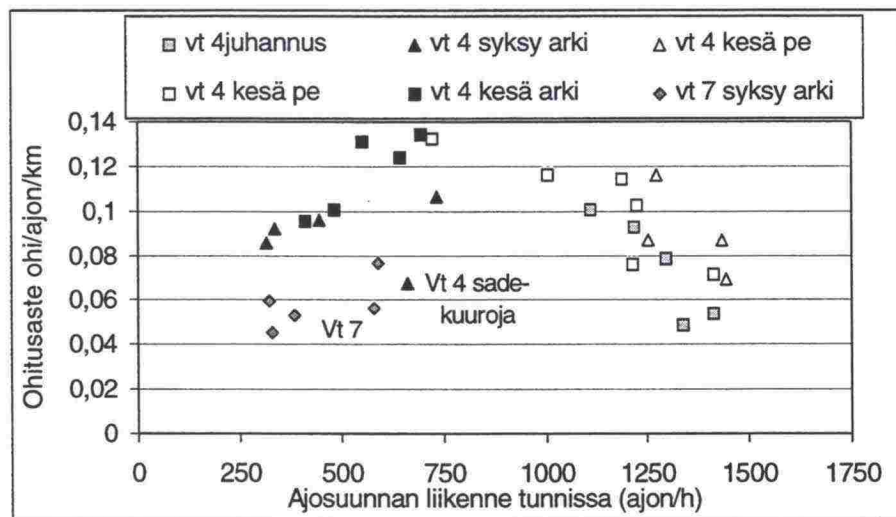
Kuva 6. Sujuvuuden kokeminen moottoriliikenneteillä



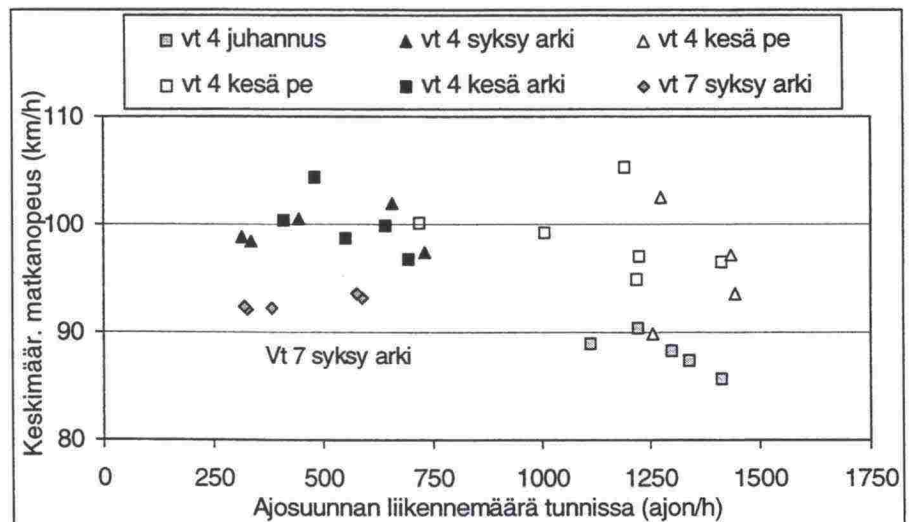
Kuva 7. Liikennemäärän vaikutus ajomukavuuteen moottoriliikenneteillä



Kuva 8. Keskimääräinen tavoitenoisuus eri haastattelupäivinä moottoriliikenneteillä vt 4 ja vt 7



Kuva 9. Ohitusaste tunnin jaksoissa MOL-teillä vt 4 ja vt 7



Kuva 10. Matkanopeuden keskiarvo tunnin jaksoissa eri liikennemäärillä moottoriliikenneteillä vt 4 ja vt 7.

Vt 4:lla juhannusliikenteessä kuljettajat pitivät ajamista suurilla liikennemäärillä sujuvampana kuin tavallisena kesäviikonloppuna. Kesäperjantaina puolet kuljettajista piti tilannetta sujuvana kun liikennemäärä oli alle 1250 ajon/h. Vastaava raja juhannusliikenteessä oli 1400 ajoneuvoa tunnissa. Juhannusliikenteessä tavoitenopeudet olivat alempia kuin kesäviikonloppuna ja ohituksia tehtiin hieman vähemmän.

Syksyllä 1996 arkiliikenteessä vain hieman yli puolet kuljettajista piti tilannetta sujuvana kun liikennemäärä oli 500-800 ajon/h mikä on moottoriliikennetielle varsin matala arvo. Vt 7:lla samoilla liikennemäärillä tilannetta pidettiin huomattavasti sujuvampana. Vt 4:lla oli mittauspäivänä myös sadekuuroja mikä ajoittain vähensi ohituksia (kuva 9). Yhtenä syynä syksyliikenteen alhaiseen sujuvuuteen vt 4:lla saattoi olla ennen mittaus tieosaa sijainneen Järvenpää-Mäntsälä -ohituskaistatiekokeilun päättyminen muutamaa kuukautta ennen haastatteluja. Tämä muutos vähensi ohitusmahdollisuuksia tieosalla ja saattoi sen kautta vaikuttaa myös sujuvuuden kokemiseen.

Tarkasteltaessa liikennemäärän vaikutusta ajomukavuuteen vt 4:lla voi nähdä kuinka syksyn 1996 tulokset olivat alhaiseksi koetusta sujuvuudesta huolimatta kuitenkin "linjassa" kesän 1995 haastatteluiden kanssa. Vuosina 1995-1996 käytettiin kolmiportaista asteikkoa mukavuuden kokemisessa, vuonna 1997 taas kaksiportaista. Tämä pitkälti selittää eron juhannuksen 1997 ajomukavuudessa verrattaessa sitä tavalliseen kesäviikonloppuun.

Matkanopeudet leveällä moottoriliikennetiellä säilyivät varsin korkeina vielä liikennemäärällä 1400 ajon/h. Moottoriliikennetiellä tämä on mahdollista koska kääntyvistä ajoneuvoista johtuvia häiriöitä ei juuri ole, liittymiä on harvassa ja ohittaminen on suhteellisen helppoa tien leveyden ja hyvien näkemien vuoksi.

Ohitusaste nousi liikennemäärän kasvaessa tasolle 750 ajon/h saakka ja alkoi tämän jälkeen laskea. Vt 7:n kaarteisuus ja mäkisyys olivat suuremmat kuin vt 4:lla mikä vähensi lyhyempien näkemien vuoksi myös ohituksia. Ohitusaste perustuu koko mittaus tieosan läpi ajaneiden ajoneuvojen keskinäisiin ohituksiin ja todellinen ohitusaste on arviolta 1/5 suurempi.

Sujuvuuden ja mukavuuden kokeminen vt 6:lla

Vt 6:lla kuljettajia haastateltiin kuivalla kelillä valoisan ja pimeän ajan liikenteessä useana päivänä sekä lisäksi valoisaan aikaan lumisateella. Kaikki haastattelut tehtiin Lapinjärvellä Pukarossa. Matkanopeudet ja ohitukset mitattiin välillä Liljendal-Pukaro.

Talviaikaan liikennetilanteen kokeminen poikkesi kesästä. Lisäksi pimeällä vastaava liikennetilanne koettiin vähemmän sujuvana kuin valoisa tai lumisateella. Pimeällä märällä tiellä puolet kuljettajista alkoi pitää tilannetta muuna kuin sujuvana jo liikennemäärällä 400 ajon/h. Päiväaikaan lumisateella rajana oli noin 700 ajon/h ja kesällä viikonloppuliikenteessä hieman vajaat 1000 ajon/h.

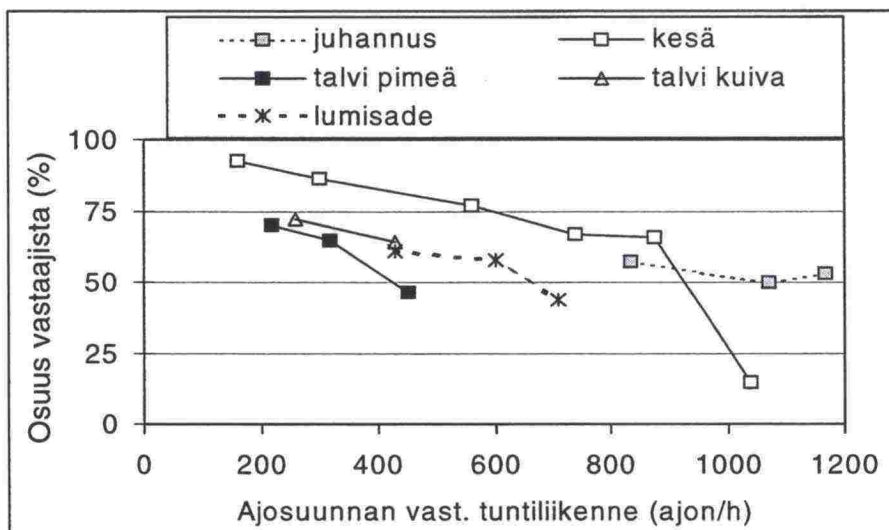
Juhannusliikenteessä kuljettajat olivat mahdollisesti varautuneet ruuhkautuneisiin olosuhteisiin ja "sietivät" huomattavasti korkeampia liikennemääriä kuin muulloin kesällä. Puolet kuljettajista piti tilannetta sujuvana vielä liikennemäärällä 1200 ajon/h. Toisaalta juhannuksen menoliikenne toimi sikäli hyvin ettei tieosalle muodostunut pitkiä hitaita jonoja. Haastatteluissa jotkut kuljettajat käyttivätkin termiä "olosuhteisiin nähden sujuvaa".

Samoin kuin vt 1:llä ei valoisuudella ollut vt 6:lla vaikutusta liikennemäärän aiheuttamaan ajomukavuuden menetykseen. Voimakkaalla lumisateella noin 80 % vastaajista ilmoitti kelin laskevan ajomukavuuttaan. Puolet kuljettajista ilmoitti pimeyden pudottavan ajomukavuuttaan ja lähes sama määrä piti märkää tietä epämukavana kelinä pimeällä. Verrattaessa kesän 1995 haastatteluja muihin voidaan arvioida haastattelumenetelmän (2- ja 3-portainen sujuvuusasteikko) eron olevan 25-30 % luokkaa.

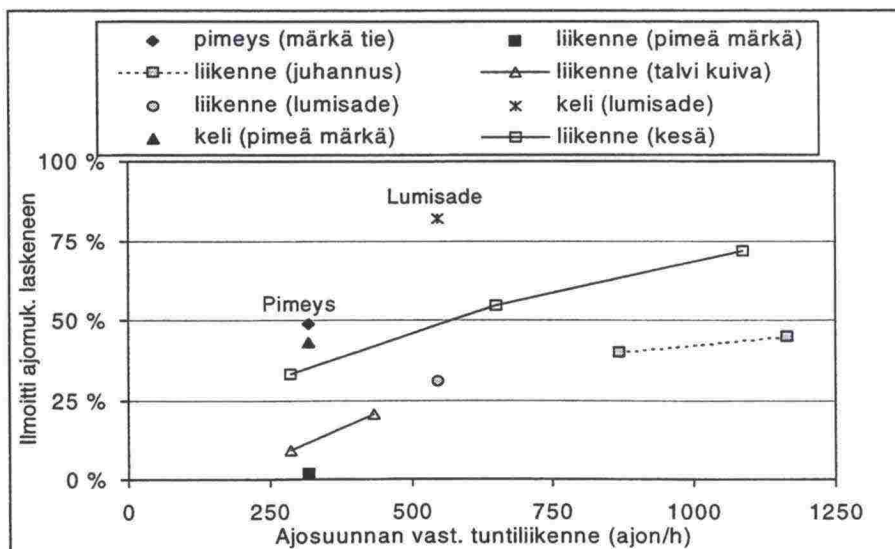
Vt 6:llä lähes kaikkina haastattelupäivinä olosuhteista riippumatta puolet kuljettajista piti liikennettä sujuvana jos LAM-pisteestä mitattu 15 minuutin keskinopeus pysyi tason 76-78 km/h yläpuolella. Sama tulos saatiin vt 1:ltä. Käytettävissä oli myös matkanopeustiedot ja nämä vastasivat LAM-tuloksia. Liikennetilannetta alettiin vt 6:lla juhannuksen 1997 menoliikenteessä pitää hitaana tai pysähtelevänä kun LAM-keskinopeudet putosivat 15 min jaksolla 65 km/h tuntumaan eli noin 25 km/h kesäajan vapaan liikenteen nopeuksista. Jo tasolla 77 km/h noin 40 % haastatelluista piti tilannetta hitaana tai pysähtelevänä. Ongelmana mittausten kannalta oli näiden tilanteiden lyhytkestoisuus, 15 min keskinopeusluokkien "epäjatkuvuus" ja pienet vastaajamäärät kultakin 15 min jaksolta. Yksityiskohtaisessa LAM-aineiston tarkastelussa osoittautui, että mittauspisteen kohdalla nopeudet putosivat 65 km/h jaksolla aina 35-40 km/h tuntumaan hitaan ajoneuvon (mahdollisesti traktori, LAM-tiedon mukaan perävaunullinen ha) vetämässä, yli 100 ajoneuvon jonossa. Keskinopeuksien ollessa 77 km/h ajettiin LAM-pisteen kohdalla ajoittain 60 km/h.

Vt 6:lta voitiin kerätä laaja ohitusaineisto vaihtelevista olosuhteista eri liikennemääriltä. Vastaantulevan suunnan liikennemäärän vaihtelut olivat pieniä koko mittausjakson ajan. Tulosten perusteella ohitusmäärät putosivat pimeällä märällä tiellä ja lumisateella huomattavasti kesäolosuhteisiin verrattuna. Vaikuttaa siltä että talvinopeusrajoitusten aikana myös kuivalla kelillä ohitusmäärät laskivat kesäaikaan verrattuna. Sen sijaan pelkkä pimeys ei kuivalla tiellä laskenut ohitusmääriä.

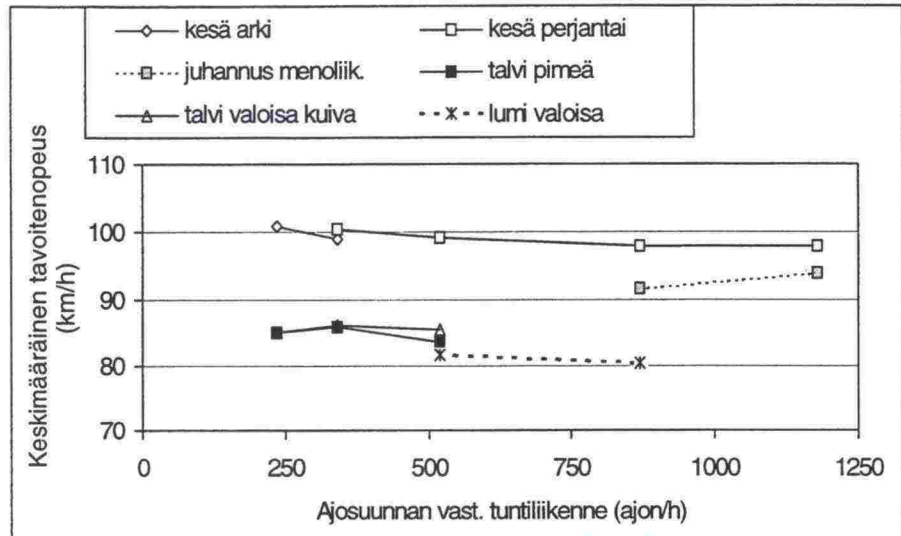
Kuvissa 11-12 on vertailtavana kuljettajien kokeman sujuvuuden ja ajomukavuuden muutokset suhteessa liikennemäärään vt 6:llä. Kuvissa 13-15 on lisäksi kuvattu liikennemäärän vaikutus tavoitenopeuksiin, ajoneuvojen keskimääräisiin matkanopeuksiin ja ohitusasteeseen eri olosuhteissa. Matkanopeudet ja ohitusaste on laskettu keskiarvoina tunnin jaksoilta.



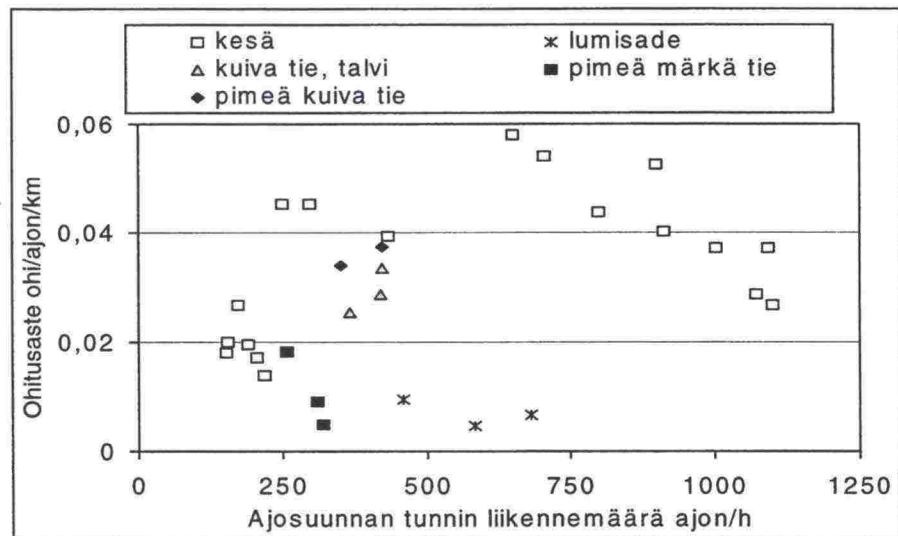
Kuva 11. Liikennemäärän vaikutus sujuvuuden kokemiseen vt 6:lla



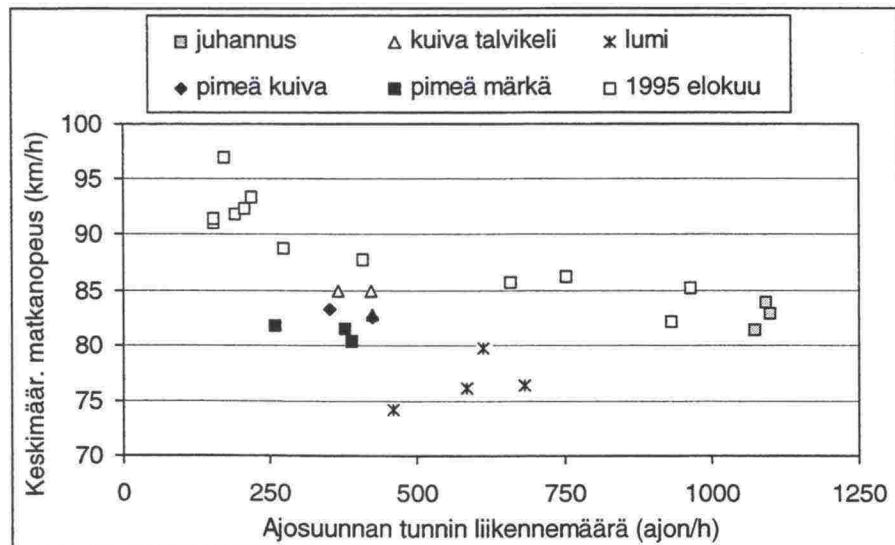
Kuva 12. Liikennemäärän, kelin ja pimeyden vaikutus ajomukavuuteen vt 6:lla



Kuva 13. Keskimääräinen tavoitenopeus eri olosuhteissa vt 6:lla



Kuva 14. Ohitusaste eri olosuhteissa tunnin jaksoissa vt 6:lla



Kuva 15. Liikennemäärän vaikutus matkanopeuksiin vt 6:lla eri olosuhteissa

4.2 Kuljettajien taustatekijöiden vaikutus sujuvuuden kokemiseen

Kaikilla tieosilla liikennetilanteen sujuvuuden kokeminen vaihteli eri mittauspäivinä. Tämän syiden selvittämiseksi tarkasteltiin myös kuljettajien taustatekijöiden vaikutusta sujuvuuden kokemiseen. Koska taustamuuttujat korreloivat keskenään (Kiljunen ja Summala 1997) analysointiin käytettiin monimuuttujamallia. Mallissa sujuva liikennetilanne sai arvon 1, muille Alert C -tilanteille (jonoutunut, hidas, pysähtelevä) arvoksi tuli 0. Logistisella regressiomallilla tapahtuman, tässä sen että kuljettaja pitää tilannetta sujuvana, todennäköisyys on muotoa

$$TN(\text{sujuvaa}) = e^Z / (1 + e^Z)$$

jossa Z on lineaarinen kombinaatio

$$Z = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_pX_p$$

Todennäköisyys että kuljettaja ei pidä tapahtumaa sujuvana =

$$1 - TN(\text{sujuvaa}).$$

Mallit laadittiin tieosittain. Lisäksi vt 4:lla laadittiin oma malli myös syksyn sadekuuropäivän aineistosta. Haastattelujen määrä tuolloin oli riittävä (noin 300 kpl) ja eri matkatyypit olivat hyvin edustettuina.

Vt 1: $Z = -4.7 + 0.07 * (\text{keskinopeus}) - 0.7 * (D \text{ työ/virka}) + 2.3 * (D \text{ joulu menoliikenne})$, selitysaste 0.16.

Vt 4 koko aineisto: $Z = 1.5 - 0.007 * (15 \text{ min liikennemäärä}) + 0.6 * (D \text{ naiskuljettaja}) - 0.4 * (D \text{ työ/virka}) - 0.6 * (D \text{ sadekuuro})$, selitysaste 0.14.

Vt 4 syksy arki: $Z = -4.3 + 0.07 * (\text{keskinopeus}) - 0.8 * (D \text{ työ/virka})$, selitysaste 0.22.

Vt 6: $Z = 2.6 - 0.009 * (15 \text{ min liikennemäärä}) - 1.5 * (D \text{ pimeä}) - 0.8 * (D \text{ lumisade}) - 0.9 * (D \text{ työ/virka})$, selitysaste 0.12.

keskinopeus = LAM-pisteestä mitattu ajosuunnan 15 min keskinopeus

15 min liikennemäärä = LAM-pisteestä mitattu ajosuunnan 15 min liikennemäärä

D työ/virka = dummy-muuttuja, työ ja virkamatkoilla = 1, muuten 0

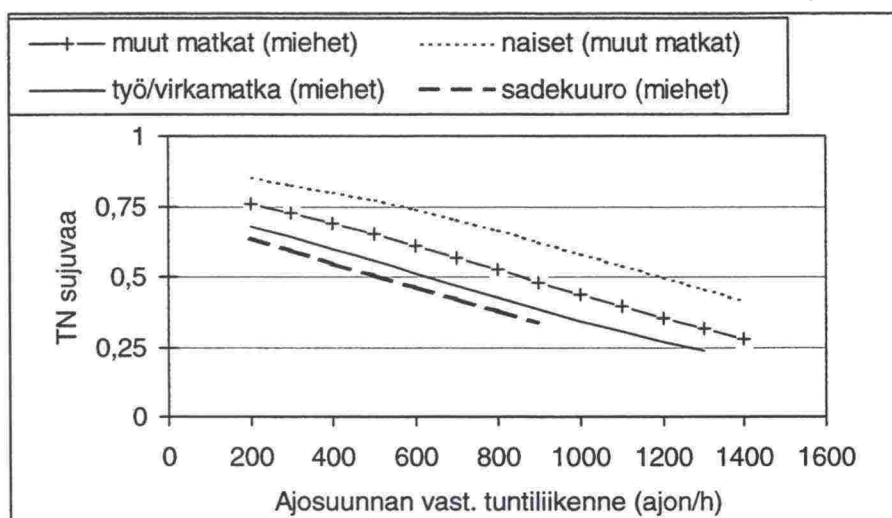
D lumisade = mallissa voimakas lumisade = 1, muuten 0

D pimeä = pimeällä = 1, muuten 0

D sadekuuro = päivän aikana useita sadekuuroja = 1, muuten 0

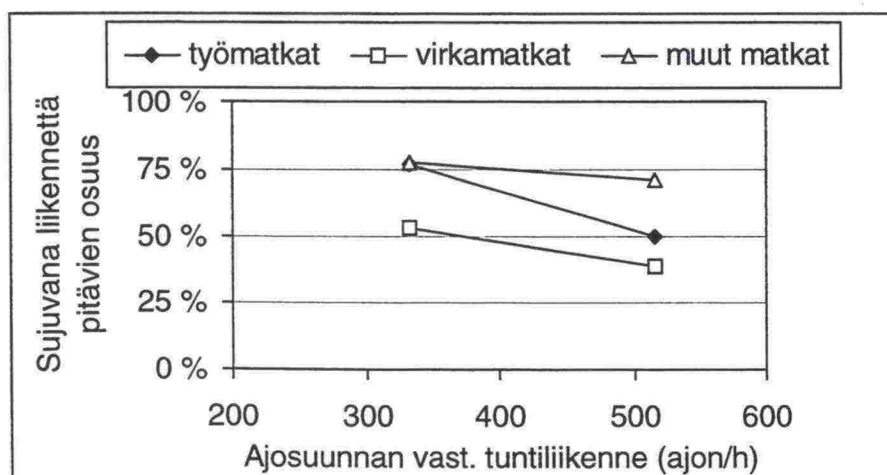
D joulun menoliikenne = vt 1:llä 23.12.1997 = 1, muuten 0

Malleissa esitetyt muuttujat olivat tilastollisesti merkitseviä riskitasolla 0.05. Seuraavassa kuvassa on esitetty vt 4:n osalta liikennemäärän, sään ja eräiden taustamuuttujien vaikutus todennäköisyyteen, että liikennettä pidettiin sujuvana. Kuvassa ei ole esitetty kaikkia muuttujien yhdistelmiä, esim. sadekuurojen ja työ/virkamatkojen yhteisvaikutus voidaan arvioida käyrien avulla graafisesti.



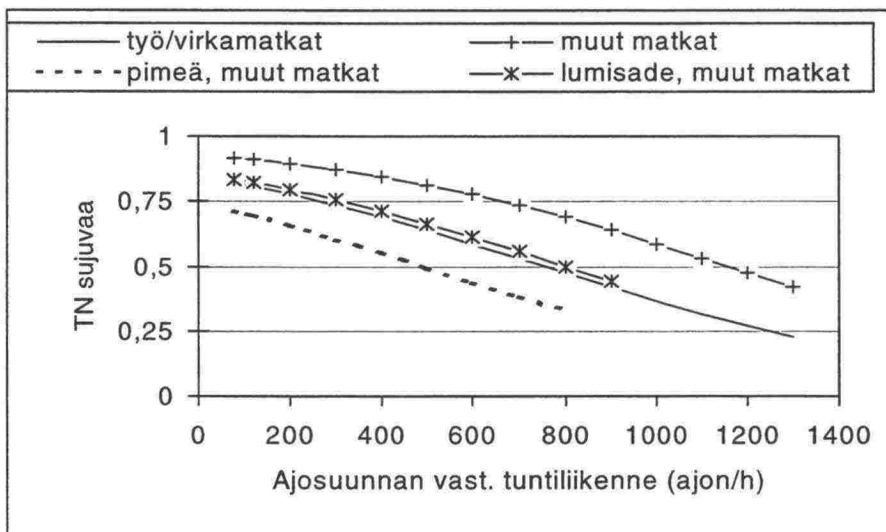
Kuva 16. Liikennemäärän ja sään vaikutus eri kuljettajaryhmien todennäköisyyteen pitää tilannetta sujuvana vt 4:lla, koko aineisto

Mallin mukaan vt 4:lla puolet työ/virkamatkalla olleista miehistä piti liikennetilannetta sujuvana kun liikennemäärä oli noin 640 ajon/h. Naisilla vastaava liikennemäärä oli noin 1200 ajon/h kun kyseessä eivät olleet työ/virkamatkat. Muuttujien keskivirheet olivat mallissa 30-40 % luokkaa joten tulokset ovat varsin herkkiä ja niitä tulee tarkastella lähinnä suuntaa-antavina. Kuvassa 17 on esitetty vt 4:lta matkan tarkoituksen vaikutus kuljettajien vastauksiin arkiliikenteessä 10.10.1996 jolloin vastaajia oli eniten ja eri matkatyypit olivat hyvin edustettuina. Tämä oli vt 4:lla ainoa päivä jolloin haastattelut kerättiin pysäytysmenetelmällä. Sadekuurot saattoivat laskea koettua sujuvuutta.



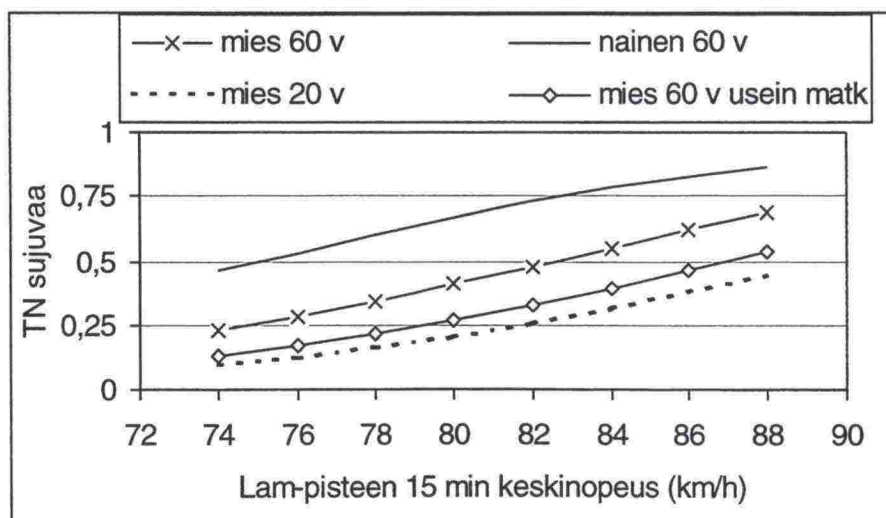
Kuva 17. Matkan tarkoituksen vaikutus sujuvuuden kokemiseen vt 4:lla arkiliikenteessä 10.10.1996

Kuvassa 18 on esitetty mallin mukainen liikennemäärän, sää- ja valaistusolojen sekä matkan tarkoituksen (työ- ja virkamatkat) vaikutus todennäköisyyteen pitää liikennetilannetta sujuvana vt 6:lla. Työ- ja virkamatkoilla sekä lumisateella päiväaikaan puolet kuljettajista piti liikennettä sujuvana tasolla 800 ajon/h. Muilla kun työ- ja virkamatkoilla vastaava raja oli valoisalla noin 1200 ajon/h ja pimeällä noin 500 ajon/h.



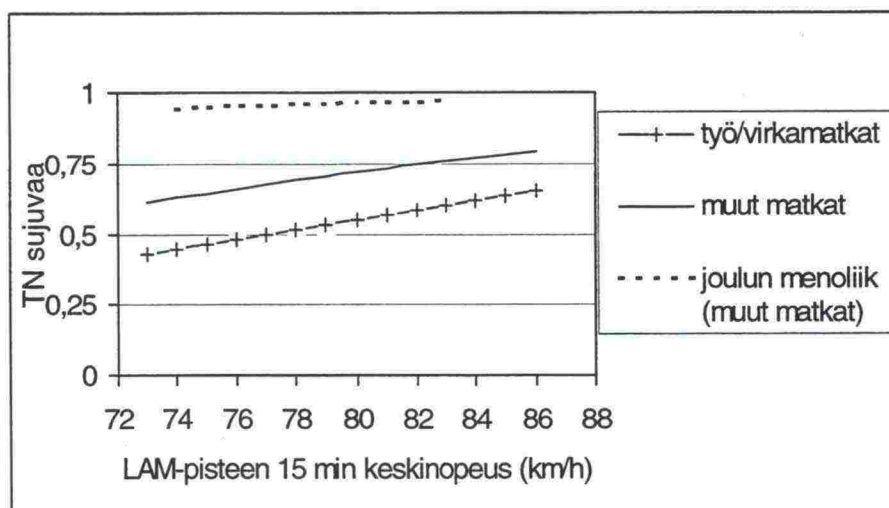
Kuva 18. Liikennemäärän, sään, pimeyden ja matkatyyppin vaikutus kuljettajan todennäköisyyteen kokea tilanne sujuvana vt 6:lla

Kuvassa 19 on esitetty mallin mukainen taustatekijöiden vaikutus sujuvuuden kokemiseen vt 6:lla suhteessa ajosuunnan keskinopeuteen. Esimerkkeinä on kuvattu mallin mukaan lasketut 60-vuotiaiden mies- ja naiskuljettajien sekä 20-vuotiaiden mieskuljettajien todennäköisyydet pitää tilannetta sujuvana eri nopeustasoilla. Yksittäisten taustatekijöiden selitysaste oli noin 10 % joten tulokset ovat lähinnä suuntaa-antavia.



Kuva 19. Keskinopeuden, kuljettajan iän, sukupuolen ja matkan toistuvuuden vaikutus todennäköisyyteen pitää liikennettä sujuvana vt 6:lla

Kuva 20 esittää mallin mukaista kuljettajan todennäköisyyttä pitää liikennettä sujuvana vt 1:llä eri nopeustasoilla ja matkatyypeillä. Tieosalla LAM-nopeustaso oli tilastollisesti merkitsevämpi muuttuja kuin liikennemäärä. Tulosten mukaan joulun menoliikenteessä kuljettajat pitivät liikennettä useammin sujuvana kuin muuten vastaavissa olosuhteissa.



Kuva 20. Liikenteen keskinopeuden ja matkan tarkoituksen vaikutus todennäköisyyteen pitää liikennettä sujuvana vt 1:llä

Raskaan liikenteen kuljettajat

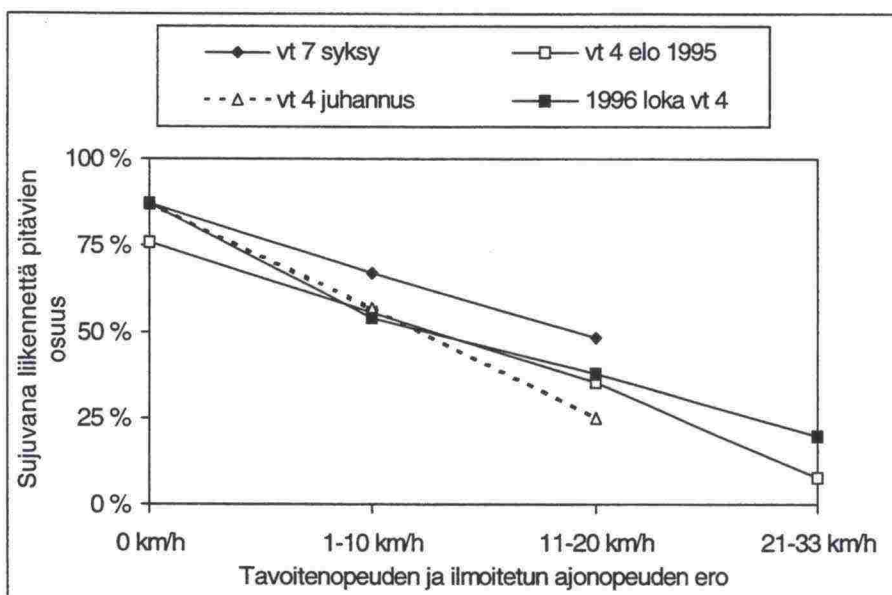
Vt 1:llä saatiin vuonna 1997 kaikkiaan 25:n kuorma- tai rekka-auton kuljettajan osalta mielipide liikennetilanteesta. Verrattaessa raskaan liikenteen kuljettajien kokemaa liikenteen sujuvuutta muihin työ- ja virkamatkalaisiin ei ero muodostunut tilastollisesti merkitseväksi. Tosin työ- ja virkamatkalaisten vaatimukset sujuvuudelle olivat tiukemmat kuin muilla kuljettajaryhmillä (kuva 20). Vt 6:n ja vt 4:n huoltoasemilla haastateltiin vain muutamia raskaan kaluston kuljettajia.

Kuljettajaryhmien osuuden vaikutus kokonaistulokseen

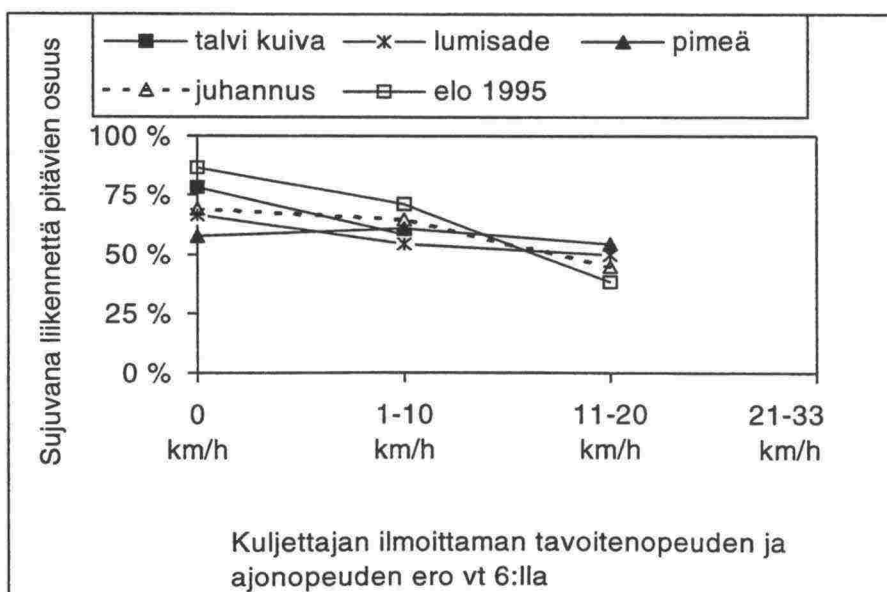
Enimmillään työ- ja virkamatkoja vt 4:lla ja vt 6:lla oli 42-53 % kaikista matkoista. Alimmillaan juhannusliikenteessä näiden osuus oli 6 - 19 %. Tällöin taustatekijöistä johtuva ero sujuvaksi liikennetilanteen kokevien 50 %-tasojen osalta olisi laskennallisesti viikonlopun ja arkiliikenteen välillä alle 100 ajon/h. Vt 4:lla juhannusliikenteessä ja kesäviikonloppuliikenteessä vastaajien taustatekijöiden jakaumat olivat varsin samanlaiset. Vt 1:llä oli lyhytmatkaista työ- ja työasialiikennettä 28-66 %. Tällaisen vaihteluvälin merkitys on jo huomattava kun siihen liitetään kuvan 19. tulokset eri ryhmien sujuvuuden kokemisesta. Mallien mukaan eri taustatekijöiden selitysasteet sujuvuuden kokemisessa olivat yleensä noin 10 % luokkaa.

4.3 Tavoitenopeuden vaikutus sujuvuuden kokemiseen

Aikaisempien tulosten perusteella kuljettajien tavoitenopeus vaikuttaa sekä ajo-käyttäytymiseen että sujuvuuden kokemiseen (Kiljunen ja Summala 1996, 1997). Hitaammin ajamaan pyrkivät kuljettajat eivät ehkä kärsi muiden kuljettajien aiheuttamasta viivytyksestä. Lisäksi he joutuvat ehkä ajamaan vähemmän jonoissa jolloin ajaminen saattaa olla myös tasaisempaa. Kuvassa 21 on esitetty tavoitenopeuden ja kuljettajan ilmoittaman ajonopeuden eron vaikutus sujuvuuden kokemiseen moottoriliikenneteillä vt 4 ja vt 7 ja kuvassa 20 vt 6:lla.

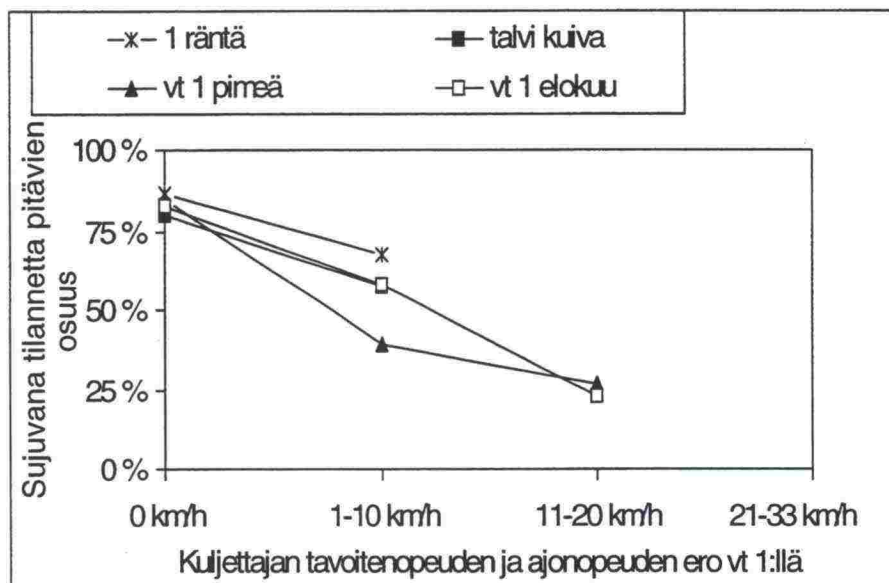


Kuva 21. Tavoitenopeuden ja ilmoitetun ajonopeuden eron vaikutus sujuvuuden kokemiseen moottoriliikenneteillä vt 4 ja vt 7



Kuva 22. Tavoitenopeuden vaikutus sujuvuuden kokemiseen eri olosuhteissa vt 6:lla

Kuvassa 23 on esitetty tavoitenopeuden ja kuljettajan ilmoittaman ajonopeuden eron vaikutus sujuvuuden kokemiseen vt 1:llä eri ajo-oloissa.



Kuva 23. Tavoitenopeuden vaikutus sujuvuuteen vt 1:llä

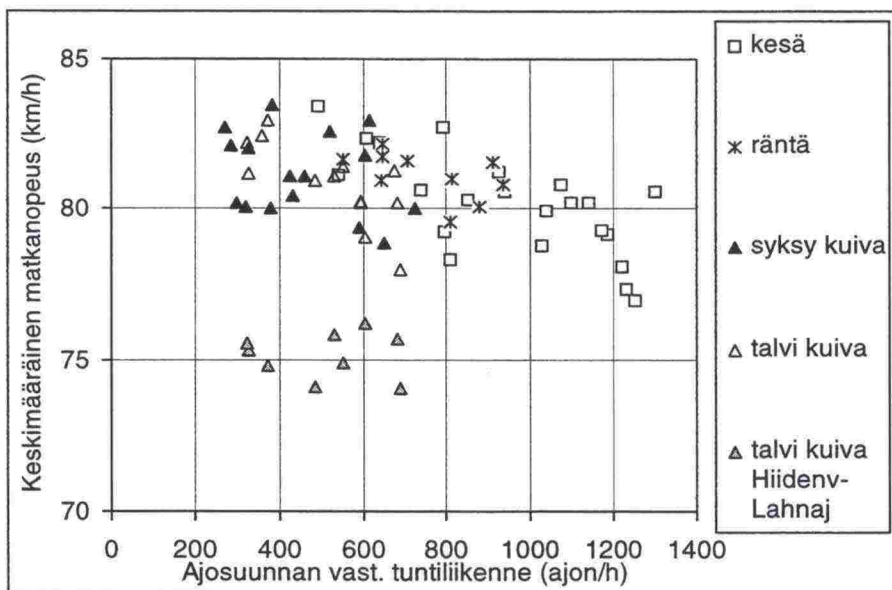
Tulosten perusteella kuljettajien tavoitenopeuden ja ajonopeuden ero oli sujuvuuden kokemisen kannalta merkitsevä jokaisella tieosalla lähes kaikissa olosuhteissa. Tavallisesti vähintään puolet kuljettajista piti liikennetilannetta sujuvana kun tavoitenopeudesta jäätin alle 10 km/h. Vt 6:lla olosuhteiden vaikeutuessa pimeyden tai kelin vuoksi tavoitenopeuden merkitys sujuvuudelle kuitenkin väheni.

4.4 Sujuvuuden ja matkanopeuksien ennustettavuus LAM-tiedoista

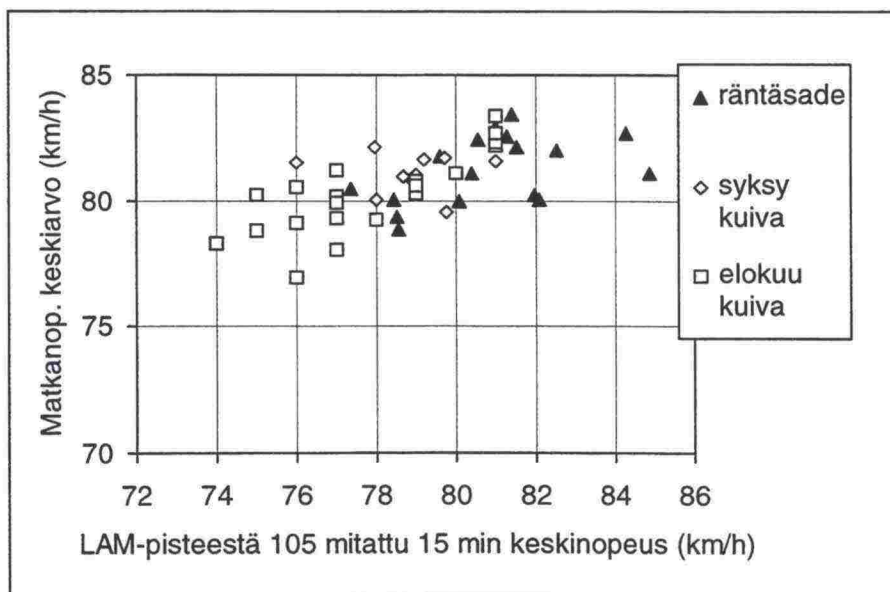
Liikenteen sujuvuuden arvioimiseksi LAM-järjestelmän avulla on tarpeellista tietää missä määrin pistemittauksilla voidaan ennustaa tieosan todellisia matkanopeuksia eri olosuhteissa. Liikenteen satunnaisvaihteluiden vuoksi piste- tai matkanopeuksien ennustaminen liikennemäärän perusteella perustuu tilastollisiin todennäköisyyksiin. Sujuvuuden ennustamisen kannalta on eri liikennemäärillä vallitsevan keskimääräisen nopeustason sijasta kiinnostavampaa, millä liikennemäärillä alkaa esiintyä nopeustasoa pudottavia häiriöitä sekä miten pistenopeudet kuvaavat todellisia matkanopeuksia.

Valtatie 1

Valtatie 1:llä tehtiin matkanopeusmittauksia valoisaan aikaan välillä Nummenkylä-Hiidenvesi moottoritietä välittömästi seuraavalla tieosuudella sekä yhtenä päivänä välillä Hiidenvesi-Lahnajärvi. Kuvissa 24 ja 25 on esitetty ajosuunnan liikennemäärän ja LAM-pisteestä mitatun keskinopeuden vaikutus matkanopeuksiin vt 1:llä.



Kuva 24. Keskimääräinen matkanopeus suhteessa liikennemäärään vt 1:llä välillä Nummenkylä-Hiidenvesi sekä Hiidenvesi-Lahnajärvi.



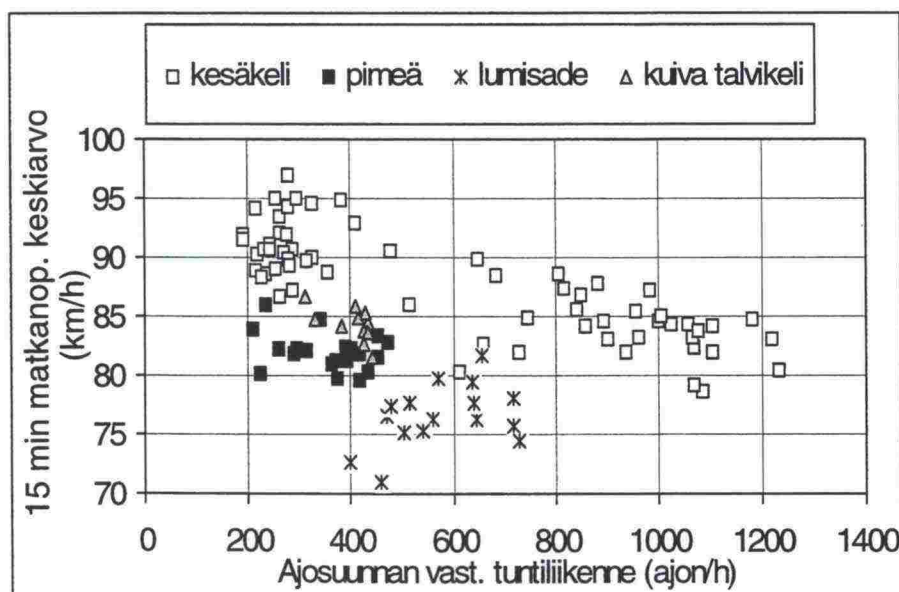
Kuva 25. Keskimääräinen matkanopeus suhteessa pistenopeuksien keskiarvoon vt 1:llä välillä Nummenkylä-Hiidenvesi

Vt 1:llä matkanopeudet putosivat Nummenkylä-Lahnajärvi -välillä joillakin 15 min jaksoilla 78 km/h tuntumaan 700-800 ajon/h liikennemäärillä. Tällä nopeustasolla haastattelutulosten mukaan enää noin puolet kuljettajista piti liikennettä sujuvana. Vaikka keskinopeudet alkoivat 15 min jaksoilla laskea selvästi tason 78 km/h alapuolelle vasta yli 1200 ajon/h liikennemäärillä, on sujuvuuden lasku siis mahdollista jo pienemmilläkin liikennemäärillä.

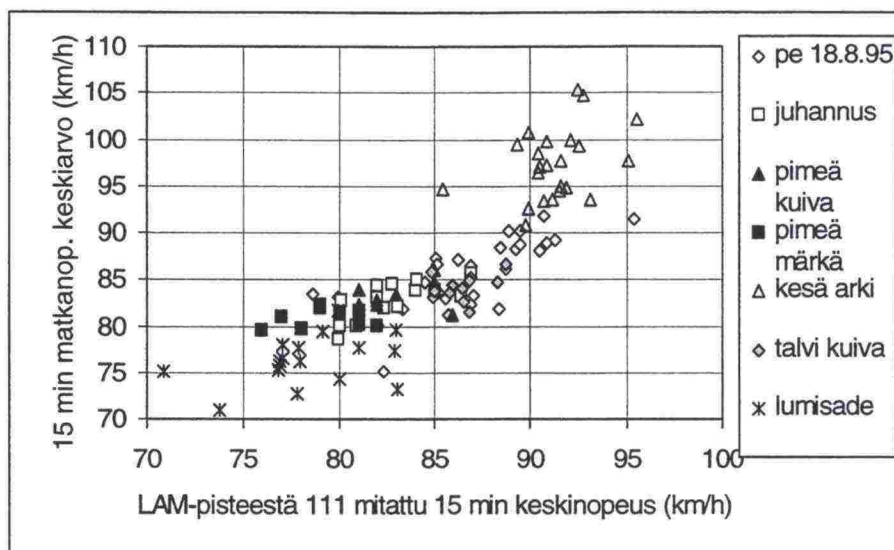
Vt 1:llä matkanopeudet tien alkuosalla säilyivät korkeampina kuin LAM-pisteestä mitatut keskinopeudet. Mittauspäivinä pistenopeuden ollessa alle 81 km/h keskinopeudet pysyivät LAM-pisteestä mitattujen nopeuksien yläpuolella. Tämä kuvastaa toisaalta sitä, että nopeustaso (ja luultavasti myös koettu sujuvuus) laskee Hiidenveden jälkeen LAM-pisteen kohdalla. LAM-piste 105 oli noin 2 km mittaus tienosan jälkeen. Kuvasta 22 näkyy kuinka välillä Hiidenvesi-Lahnajärvi matkanopeudet olivat jo selvästi alempia. Hiidenvesi-Lahnajärvi -mittausväliin sisältyivät tosin kaksi alueellista 60 km/h nopeusrajoitusta jotka laskivat keskinopeuksia. Nummenkylä-Hiidenvesi -välillä näitä ei käytännössä ollut sillä 2. kamera oli aivan Hiidenveden 60 km/h rajoitusalueen alussa.

Valtatie 6

Kuvassa 26 on esitetty liikennemäärän ja kuvassa 25 LAM-keskinopeuksien sekä mitattujen matkanopeuksien vastaavuus vt 6:lla eri mittauspäivinä. LAM-piste sijaitsee Liljendalissa noin 5 km tieosan alusta. Ensimmäinen rekisteritunnuskamera oli naamioituna joko 2.5 km ennen LAM-pistettä (kesä 1995) tai noin 2 km LAM-pisteen jälkeen (muut mittauskerrat).



Kuva 26. Liikennemäärän vaikutus matkanopeuksiin vt 6:lla eri ajo-oloissa



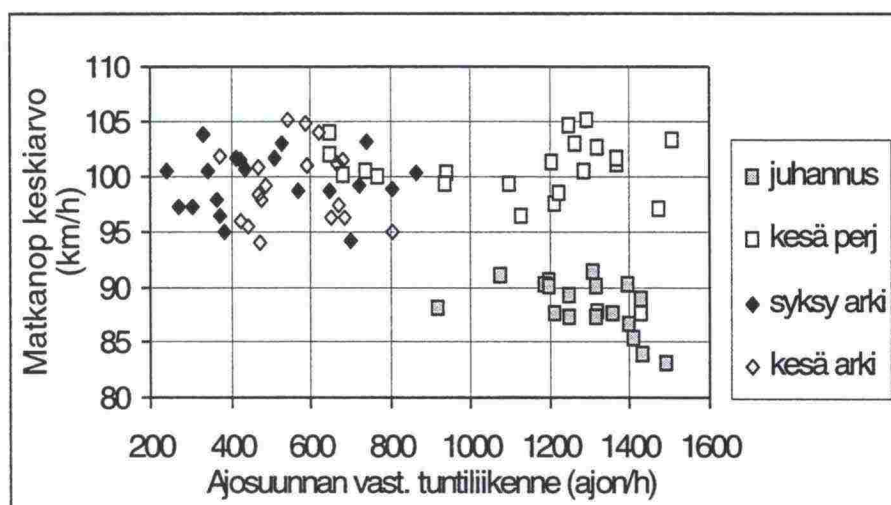
Kuva 27. Keskimääräinen matkanopeus suhteessa LAM-pistenopeuksiin vt 6:lla eri ajo-oloissa, eriteltynä mittauspäivittäin

Vt 6:lla LAM-pisteestä 111 mitatut keskinopeudet vastasivat suhteellisen hyvin, noin 5 km/h tarkkuudella myös todellisia matkanopeuksia. Lumisateella matkanopeudet jäivät jonkin verran keskimääräisiä pistenopeuksia alemmiksi ja suurilla nopeustasoilla (yli 88 km/h) matkanopeuksilla oli taipumus olla suurempia kuin pistenopeuksien.

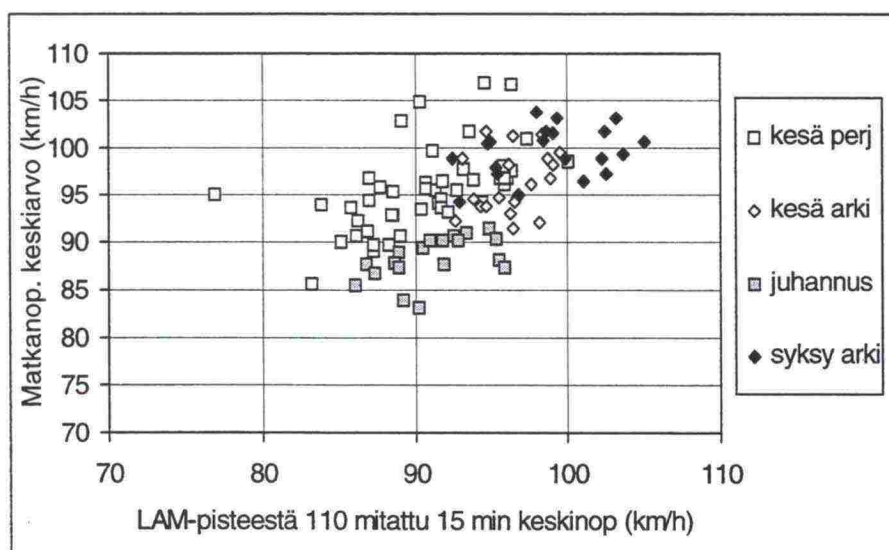
Tarkasteltaessa tilannetta liikennemäärien suhteen (kuva 26) jäivät matkanopeudet talvinopeusrajoitusten aikaan kuivalla talvikelillä ja pimeällä noin 10 km/h alemmaksi kuin kesäaikaan. Kesällä nopeusrajoituksena oli 80/100 km/h ja talvella koko mittausatieosalla 80 km/h.

Valtatie 4

Valtatie 4:lla mittauksia tehtiin välillä Mäntsälä-Tuuliharja. LAM-tiedot ovat pisteestä 110 Mäntsälän kohdalla. Kuvissa 26 ja 27 on esitetty 15 min keskimääräiset matkanopeudet suhteessa ajosuunnan 15 min jaksoilta laskettuun vastaavaan tuntiliikenteeseen sekä LAM-pisteestä mitattuun keskinopeuteen.



Kuva 28. Matkanopeudet suhteessa liikennemäärään vt 4:lla



Kuva 29. Matkanopeudet suhteessa LAM-pisteestä mitattuihin keskinopeuksiin valoisaan aikaan vt 4:lla

Leveällä moottoriliikennetiellä ei ole juuri häiriöitä aiheuttavia tekijöitä ja matkanopeudet pysyivät varsin korkealla tasolla (yli 85 km/h) lähes kaikissa mitatuissa oloissa. Vt 4:lla juhannuksen matkanopeudet jäivät jonkin verran alemmaksi kuin muina mittauspäivinä vastaavilla pistenopeuksilla tai liikennemäärillä. Matkanopeuksien keskiarvo vastasi pistenopeuksien keskiarvoa yleensä 5-8 km/h tarkkuudella.

Liikenteen sujuvuuden kynnysarvot LAM-pisteissä

Kuvista nähdään että todelliset matkanopeudet vaihtelevat suhteessa pistemittaustietoihin varsin paljon. On kuitenkin arvioitavissa millä liikennemäärillä ja LAM-keskinopeuksilla on matkanopeuksilla kasvanut riski jäädä tietyn tason alapuolelle. Matkanopeuksia on tässä tarkasteltu keskiarvojen avulla. Tulosten perusteella matkanopeuksien mediaani (50 % taso) poikkesi yleensä alle 1 km/h keskiarvosta. Käytettävissä olleen matkanopeus- ja LAM-aineiston perusteella annetaan seuraavat ennusteet eri tieosien matkanopeuksista.

Vt 1 välillä Nummenkylä-Hiidenvesi

Liikennemäärän ollessa alle 600 ajon/h keskinopeus 15 min jaksoilla oli 80-83.5 km/h. Liikennemäärän noustessa 700 -800 ajoneuvoon tunnissa saattoivat keskinopeudet jollakin jaksolla pudota 78 km/h tasolle. Liikennemäärän ylittäessä 1200 ajon/h nopeudet laskivat 50 %:lla mittaussjaksoista alle 77 km/h. Vaikka liikennemäärillä 1000-1200 ajon/h nopeudet mittauspäivinä säilyivät suhteellisen korkeina ovat nopeuksia laskevat häiriöt luultavasti mahdollisia. Kuljettajat alkoivat pitää liikennetilannetta muuna kuin sujuvana suunnilleen tasolla 78 km/h. Näin ollen tasolla 700 ajon/h voi esiintyä tilanteita joissa liikenne ei ole sujuvaa kuljettajien enemmistön mielestä.

Vt 1 välillä Hiidenvesi-Lahnajärvi

Matkanopeudet välillä Hiidenvesi-Lahnajärvi olivat selvästi alempia kuin moottoritien jälkeisellä tieosalla Nummenkylä-Lahnajärvi. 15 min keskimääräiset matkanopeudet olivat yhden iltapäivän mittauksissa 75-76 km/h liikennemäärien ollessa alle 750 ajon/h. Tieosalla ohituskaistat antavat mahdollisuuden hitaampien ajoneuvojen ohittamiseen, mutta keskinopeuksia laskee mm. 60 km/h rajoitus taajaman kohdalla. On kuitenkin mahdollista että kuljettajat eivät koe taajamaa liikenteellistä sujuvuutta vähentävänä tekijänä, sillä enemmistö piti liikennettä sujuvana päiväliikenteessä. Pimeällä yli puolet kuljettajista piti liikennettä muuna kuin sujuvana liikennemäärillä 500-700 ajon/h.

Moottoriliikennetie

Moottoriliikennetiellä liikennemäärän vaikutus matkanopeustasoihin oli tutkitulla vaihteluvälillä varsin pieni. Vasta liikennemäärän noustessa yli 1300 ajon/h alkoivat matkanopeudet painua juhannuksena välille 83-87 km/h. Tätä alemmilla liikennemäärillä keskimääräiset matkanopeudet pysyivät tason 87 km/h yläpuolella. Juhannuksena liikennemäärä oli selkein koetun sujuvuuden kuvaaja, yli puolet kuljettajista piti tilannetta sujuvana jos liikennemäärä oli alle 1200 ajon/h. Tavallisena kesäviikonloppuna yli puolet kuljettajista piti liikennettä sujuvana kun liikennemäärä oli alle 1200 ajon/h. Säävaihtelut voivat kuitenkin tulosten mukaan pudottaa sujuvuutta. Sadekuurojen heikentäessä näkyvyyttä ja vaikeuttaessa hitaampien ajoneuvojen ohittamista enää hieman yli puolet kuljettajista piti liikennettä sujuvana kun liikennemäärä oli yli 500 ajon/h.

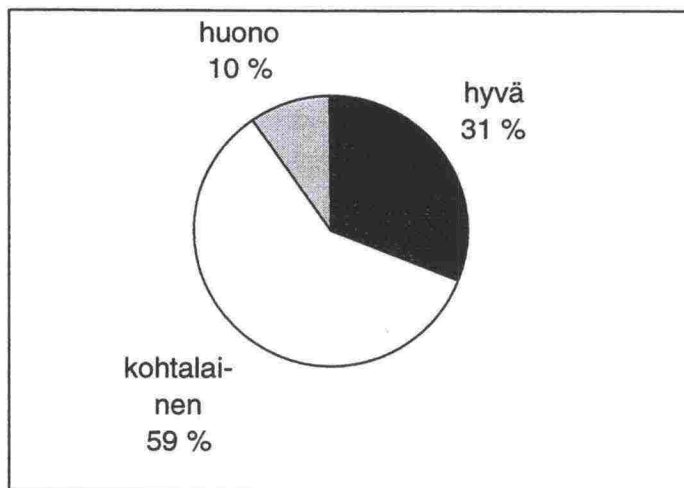
Vt 6 välillä Koskenkylä-Pukaro

Vt 6:lla kesäolosuhteissa vastaavan tuntiliikennemäärän pysyessä kuivalla kelillä päiväaikaan alle 600 ajon/h pysyi matkanopeuksien keskiarvo 85 km/h yläpuolella. Tuntiliikennemäärän noustua yli 600 ajon/h matkanopeuksien keskiarvo saattoi jäädä 80 km/h tuntumaan eikä se noussut enää yli 90 km/h. Yli 1000 ajon/h liikennemäärällä keskinopeus jäi alle 85 km/h ja saattoi pudota tasolle 78 km/h. LAM-pisteestä mitatut keskinopeudet vastasivat suhteellisen hyvin matkanopeuksia. Keskinopeuden ollessa alle 85 km/h jäi matkanopeuksien keskiarvo tämän rajan alapuolelle.

Pimeällä kuivalla tiellä liikennemäärillä 200- 500 ajon/h keskinopeudet pysyivät yleensä 82 km/h yläpuolella. Pimeällä märkyys pudotti keskinopeuksia 2-5 km/h jolloin keskinopeudet olivat tavallisesti 80-82 km/h. Lumisateella matkanopeudet jäivät jonkin verran, yleensä 2-5 km/h alemmiksi kuin LAM-nopeudet. Lumisateella keskinopeudet vaihtelivat välillä 71-82 km/h lumisateen intensiteetin ja aurauksen ilmeisesti vaikuttaessa nopeuksiin. Kova lumisade voi siis pudottaa keskimääräiset matkanopeudet jopa lähelle 70 km/h tasoa.

4.5 Kelin kokeminen ja vaikutus nopeustasoon

Talviajan haastatteluissa kuljettajilta pyydettiin haastattelun yhteydessä arvio tiellä vallitsevasta kelistä asteikolla hyvä - kohtalainen - huono. Kuljettajien mielipiteet erosivat tässä kohdassa huomattavasti toisistaan. Esimerkiksi kiirastorstaina lumisateessa vt 6:lla 31% piti keliä hyvänä, 59 % kohtuullisena ja vain 10 % huonona.



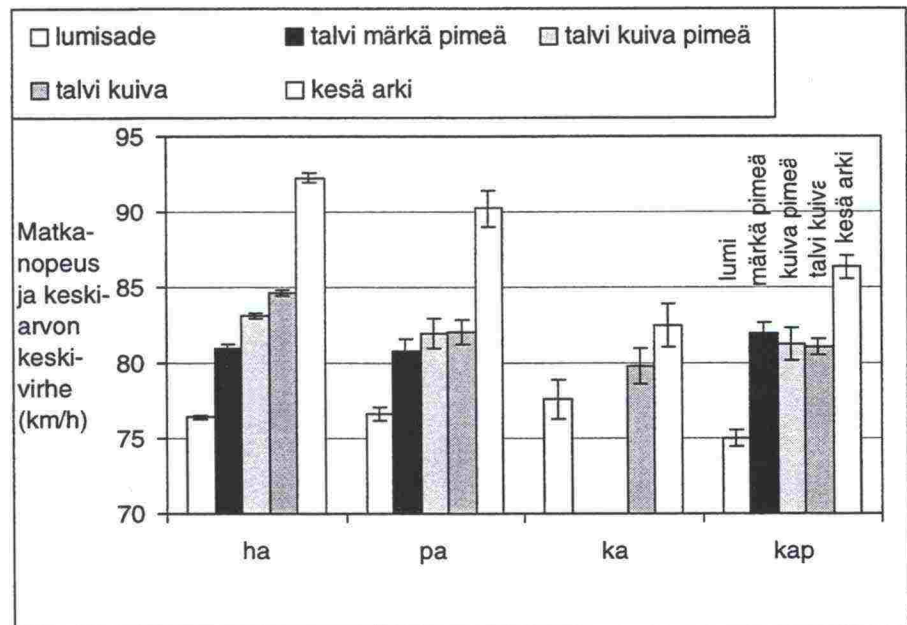
Kuva 30. Kuljettajien mielipide kelistä vt 6:lla lumisateella 27.3.1997

Miesten ja naisten välillä ei ollut merkitsevää eroa kelin kokemisessa. Nuoremmilla kuljettajilla oli taipumus pitää keliä huonompana kuin vanhoilla kuljettajilla. Se että kolmasosa vastaajista piti *hyvänä* ajokeliä joka pudotti matkanopeuksia jopa 10 km/h kuvasi joko autoilijoiden sopeutumista tilanteeseen tai onnistuneita tienhoitotoimia.

Vt 1:llä räntäsateella kuljettajista 17 % piti keliä huonona, 48 % kohtuullisena ja 35 % hyvänä. Tielle ei muodostunut kuin ohuelti sohjoa rengasurien väliin ja pientareille. Silti keliä pidettiin yhtä "huonona" kuin vt 6:lla pääsiäisen menoliikenteen rankkaa lumisadetta ja loskavalleja. Vt 1:llä 14.2.1997 aurinkoisella säällä kuivalla talvikelillä oli tiellä jäätä vain pientareilla ja paikoin hieman keskiviivalla. Silti 25 % kuljettajista ilmoitti kelin olevan vain kohtalainen tai huono. Osalla kuljettajista saattavat keliin kohdistuvat vaatimukset olla erittäin korkeat.

Pääsiäisen voimakkaan lumisadealueen lähestymisestä oli tiedotettu hyvissä ajoin jo edellisenä päivänä. Muutamat kuljettajat totesivatkin kelin olevan "olosuhteisiin nähden hyvä". Kelin kokeminen voi yhdistyä sateen heikentämään näkyvyyteen ja ohitusmahdollisuuksien heikentymiseen. Keli on ilmeisesti liikennetilanteen kokemisen tavoin pitkälti subjektiivinen käsite ja liittyy myös kuljettajien odotuksiin tilanteesta.

Kuvassa 31. on esitetty kelin ja valoisuuden vaikutus eri ajoneuvoryhmien nopeuksiin vt 6:lla. Kesäaikaan tieosalla on 80/100 km/h nopeusrajoituksia ja talviaikaan rajoitus on koko mittaustieosan pituudella 80 km/h. Ajosuunnan vastaava tuntiliikenne on ollut alle 800 ajon/h.



Kuva 31. Ajo-olosuhteiden vaikutus eri ajoneuvotyyppien matkanopeuksiin vt 6:lla alle 800 ajon/h liikennemäärillä

Tulosten mukaan muutokset ajo-olosuhteissa vaikuttivat eniten henkilöautojen matkanopeuksiin. Perävaunullisten kuorma-autojen ja pakettiautojen nopeudet eivät vaihdelleet merkittävästi valoisan ja pimeän ajan välillä.

4.6 Ohitushalukkuus ja ohitusaste

Kesällä 1995 kuljettajilta kysyttiin, pyrkivätkö he ohittamaan ko. liikennetilanteessa. Vt 6:lla pyrki liikennemäärillä 300-600 ajon/h ohittamaan 50-56 % kuljettajista mutta liikennemäärillä 950-1100 ajon/h vain 27-33 % vastaajista (Kiljunen ja Summala 1997). Suurilla liikennemäärillä ohitushalukkaita oli näin ollen enää puolet siitä mitä liikennemäärällä 600 ajon/h. Verrattaessa ohitushalukkuutta kuvan 14. mukaiseen vt 6:lla mitattuun ohitusasteeseen nähdään että ohitusaste putosi samassa suhteessa kuin ohitushalukkuuskin. Vastaantulevan liikenteen määrä vaihteli vt 6:lla melko vähän.

Vt 4:lla liikennemäärän ollessa alle 1000 ajon/h noin 50 % kuljettajista ilmoitti pyrkivänsä tekemään ohituksia. Tätä suuremmilla liikennemäärillä 33 % vastaajista pyrki ohittamaan.

Ohitusmääriin ei siis vaikuta pelkkä ohitusmahdollisuus (kuten ohituskysyntä/tarjontamalleissa oletetaan) vaan myös se, että liikennemäärän kasvaessa tarpeeksi kuljettajat alkavat pitää ohittamista hyödyttömänä. Kuljettajat sopeuttavat käyttäytymistään liikenneoloihin laskemalla tavoite-nopeuttaan ja nostamalla ohitukseenlähtökynnystään. Tämän seurauksena todellinen ohituskysyntä laskee suurilla liikennemäärillä vaikka teoreettinen, vapaiden ajoneuvojen nopeushajontaan perustuva ohituskysyntä kasvaa.

4.7 Kuljettajien maksuhalukkuus sujuvuuden parantamiseksi eri olosuhteissa

Kuljettajilta kysyttiin sujuvuuden arvon selvittämiseksi maksuhalukkuutta ajaa kuvitteellista moottoritietä kyseisen tieosan sijasta. Taustatekijöiden ja olosuhteiden vaikutusta maksuhalukkuuteen selvitettiin monimuuttujamallilla.

Vt 1:lla maksuhalukkuusmalli oli muotoa

$$\text{maksuhalukkuus (mk)} = 5.5 \cdot (\text{D sadekuuroja}) + 0.04 \cdot (\text{matkan pituus km}), \\ R^2 = 0.04.$$

Vt 6:lla maksuhalukkuusmalli oli muotoa

$$\text{maksuhalukkuus (mk)} = 0.04 \cdot (q15) + 0.03 \cdot (\text{matkan pituus km}), R^2 = 0.07$$

mallissa $q15$ = ajosuunnan 15 min liikennemäärä

D sadekuuroja = räntä- ja vesikuuroja vt 1:llä

Regressiomallin mukaan maksuhalukkuutta nostivat vt 1:llä pimeällä sattuneet sadekuurot ja matkan pituus. Vt 6:lla maksuhalukkuuteen vaikuttivat liikennemäärä ja matkan pituus. Kuljettajat olivat mallien mukaan valmiita maksamaan moottoritiellä ajamisesta 3-4 penniä jokaista ko. matkan kilometriä kohden. Yksikkönä ei tässä ole siis penniä/moottoritiekilometri vaan penniä/matkan pituuskilometri. Pelkällä pimeydellä ei ollut vaikutusta maksuhalukkuuteen kummallakaan tieosalla, ei myöskään vt 6:n lumisateella. Tilastollisesti merkitsevää vaikutusta ei ollut myöskään tuloilla, ilmeisesti johtuen vastaajien tulojen pienehköstä hajonnasta.

Tieosan liikennemäärän kasvaessa vt 6:lla 15 min jaksolla yhdellä ajoneuvolla nousi kuljettajien maksuhalukkuus moottoritiellä ajamiseen 4 pennillä. Tämä tarkoittaa liikennemäärällä 1000 ajon/h ja matkan pituuden ollessa 100 km kuljettajien olevan valmiita maksamaan 13 mk voidakseen ajaa moottoritietä.

Vt 1:llä 21.2.1997 kysyttiin kuljettajien maksuhalukkuutta tiedosta jolla he säästäisivät 10 minuutin lisäviivytyksen. Esimerkkinä oli kaupallinen, liikenneviestejä välittävä järjestelmä. Kaikkien vastausten keskiarvoksi tuli 1.4 mk, nollasta poikkeavien keskiarvoksi 8.3 mk. Nollasta eroavilla vastauksilla

säästävän ajan arvoksi tuli noin 50 mk/tunti. Suurella osalla kuljettajista oli vaikeuksia ajatella tilannetta jossa tiedosta pitäisi maksaa.

4.8 Matka-ajankohdasta päättäminen

Kuljettajilta kysyttiin talvi- ja juhannushaastatteluissa, milloin he olivat päättäneet matkallelähdon kellonajasta. Taulukossa 1. on esitetty kuinka suuri osa kuljettajista oli tehnyt päätöksen viimeistään edellisenä päivänä ja kuinka monet olivat tehneet päätöksen aikaisintaan 1 tunti ennen matkaa. Juhannushaastatteluja tehtiin vt 4:lla ja vt 6:lla.

Taulukko 1. Matkapäätöksen tekoajankohta eri haastattelupäivinä

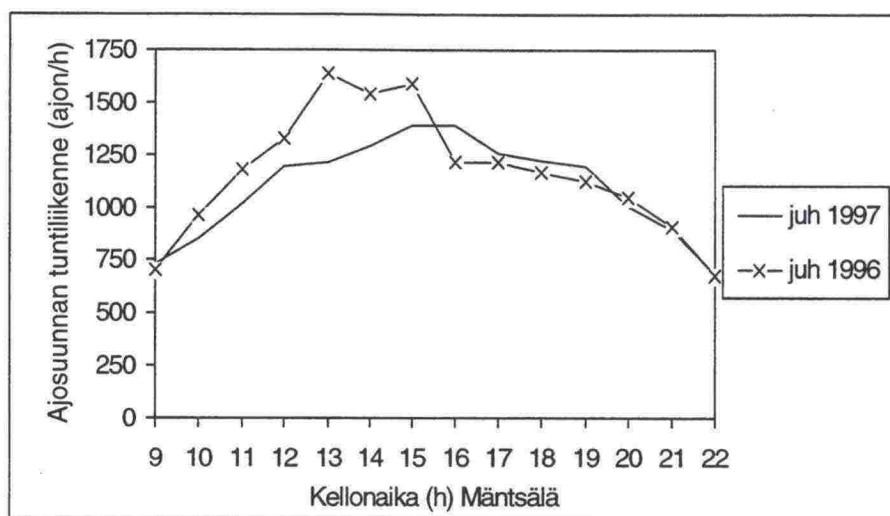
Haastattelu ajankohta	Päätös matkan kellonajasta tehty viimeistään edellisenä päivänä	Päätös matkan kellonajasta tehty korkeintaan 1 h ennen matkaa
juhannus	47 - 55 % kuljettajista	18 - 22 %
vt 6 talvi	52 %	23 - 31 %
vt 1 talvi	30 - 50 %	24 - 46 %

Noin puolella kaikista matkoista matkan ajankohta oli päätetty viimeistään edellisenä iltana. Tuntia ennen matkaa oli yleensä ainakin viidesosalla kuljettajista matkan tarkka lähtöaika päättämättä. Osalla työ- ja virka-matkalaisista matkan ajankohta oli kiinteä.

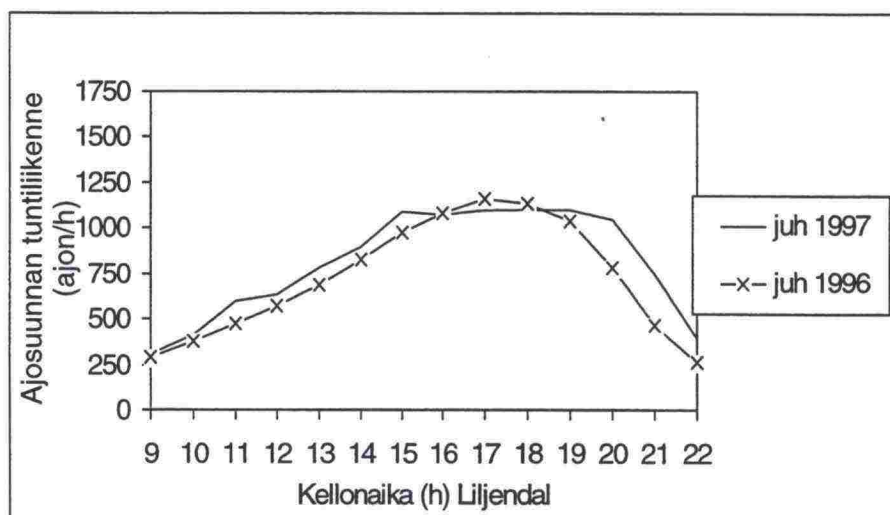
Juhannuksena 1996 oli menoliikenteessä eräillä tieosilla suurista liikennemääristä johtuneita häiriöitä. Vuonna 1997 eri tiedotusvälineissä kerrottiin juhannusviikolla laajasti edellisen vuoden ruuhkista ja kuljettajia kehoitettiin välttämään ruuhkaisimpia ajankohtia tai hakeutumaan vähemmän kuormitetuille reiteille. Liikenne-ennusteet perustuivat edellisen vuoden liikennemääriin.

Vuonna 1997 ainakin vt 4:lla juhannusliikenteen huipputunnin liikenne jäi huomattavasti edellisen vuoden tasoa alemmaksi. Vt 6:lla liikenne jakautui varsin tasaisesti iltapäivän ajalle. Koska olosuhteet olivat muuten vastaavat niin saattoi olla mahdollista, että liikennetiedottamisella pystyttiin vaikuttamaan matkan ajankohtaa ja matkareittiä koskeneisiin päätöksiin. Vuonna 1997 ei mittaustieosilla sattunut vilkkaimpien tuntien aikana välityskykyyn vaikuttanutta nopeuksien putoamista.

Kuvissa 32 ja 33 on esitetty liikennemäärät vt 4:lla ja vt 6:lla juhannusaatonaattoina vuosina 1996 ja 1997.



Kuva 32. Liikennemäärät vt 4:lla Mäntsälän kohdalla juhannuksen menoliikenteessä aatonaattona vuosina 1996 ja 1997



Kuva 33. Liikennemäärät vt 6:lla Liljendalin kohdalla juhannuksen menoliikenteessä aatonaattona vuosina 1996 ja 1997

4.9 Koettu aikamenetys liikenteessä eri ajo-oloissa

Eräänä sujuvuuden mittana voidaan pitää liikennemäärän kasvusta ym. tekijöistä kuljettajille koituvia aikamenetyksiä. Kuljettajilta kysyttiin haastattelussa arviota muun liikenteen aiheuttamasta aikamenetyksestä. Analysoinnissa käytettiin monimuuttujamallia. Aikamenetys suhteutettiin matkan pituuteen ja yksikkönä käytettiin sekuntia/km. Vt 1:llä koettu aikamenetys noudatti mallia

$$\text{Aikamenetys s/km} = 1.6 \cdot (D \text{ huono keli}) - 0.13 \cdot (\text{todell. nopeus km/h}) + 0.19 \cdot (\text{tavoitenopeus km/h}) - 0.01 \cdot (\text{matkan pituus km}), R^2 = 0.07.$$

D huono keli = dummy-muuttuja, arvona 1 lumi- tai räntäsateella, muuten 0

Vt 1:llä kelin heikentymisen koettiin aiheuttavan noin 1.6 s/km lisämenetyksen eli noin 3 km/h nopeuden laskun. Kuljettajien tavoitenopeuden kasvu 10 km/h sai vastaajat kokemaan aikamenetyksen noin 2 s/km suurempana mikä vastasi 3.4 km/h nopeuden laskua. Kun todellisen ajonopeuden ilmoitettiin kasvaneen 10 km/h putosi aikamenetys 1.3 s/km eli noin 2.4 km/h. Pitkämatalaiset pitivät sujuvuutta tässä mielessä parempana sillä matkan pituuden kasvaessa 100 km laski koettu aikamenetys 1.2 s/km eli noin 2 km/h.

Vt 6:lla koettu aikamenetys oli muotoa

aikamenetys s/km = $0.22 \cdot (q_{15}) + 0.06 \cdot (\text{Tavoitenopeus km/h}) + 4.3 \cdot (D \text{ huono keli}) - 4.7 \text{ s}$, $R^2 = 0.30$ (vakio ei aivan tilast. merkitsevä riskitasolla 0.05)

Mallissa q_{15} = ajosuunnan 15 minuutin liikennemäärä

tavoitenopeus = kuljettajan ilmoittama tavoitenopeus

D huono keli = lumisateella 1, muuten 0.

Mallin mukaan liikennemäärän nousu 100 ajon/h (25 kpl/15 min) kasvatti koettua aikamenetystä 2 s/km mikä vastaa nopeuden laskua 3.4 km/h. Kuljettajan tavoitenopeuden kasvu 10 km/h nosti aikamenetyksiä 0.6 s/km eli 1 km/h. Huono keli (lumisade) nosti aikamenetystä 4.3 s/km mikä vastaa 7 km/h pudotusta nopeuksissa. Sinänsä mielenkiintoista että kuljettajat syyttivät aikamenetyksistä muita kuljettajia eivätkä keliä. Tosin kysymys voitiin ymmärtää hieman väärin.

Vt 4:lla koetun aikamenetyksen malli oli

Koettu aikamenetys s/km = $0.01 \cdot (q_{15}) + 0.03 \cdot (\text{syntymävuosi}) + 0.02 \cdot (1000 \text{ ajokm/v}) - 0.004 \cdot (\text{matkan pituus km})$, $R^2 = 0.11$.

Syntymävuosi vaihteli aineistossa välillä 21-79 (1921-1979)

Ajosuunnan liikennemäärä ja vuotuinen ajomäärä nostivat koettua aikamenetystä, kuljettajan iän lisääminen ja matkan pituus laskivat sitä. Liikennemäärän kasvaessa 25 ajon/15 min eli 100 ajon/h nousi kuljettajien kokema aikamenetys yhdellä sekunnilla eli vajaat 2 km/h.

5 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Tulosten tarkastelu

Sujuvuuden kokeminen eri tieosilla

Liikenteen sujuvuuden kokeminen oli pitkälti sidoksissa nopeustasoon. Vt 1:llä ja vt 6:lla yli puolet kuljettajista piti lähes kaikissa olosuhteissa liikennettä sujuvana kun piste- tai matkanopeudet pysyivät yli 77-78 km/h. Ongelmana tuloksessa on kuitenkin se, että tien nopeustason ennustaminen etukäteen on vaikeaa. Usein 15 min (ja lyhyemmänkin jakson) keskinopeuksien laskiessa alle 78 km/h syynä olivat tätä tasoa selvästi hitaammat jonot tai hetkittäiset paikalliset häiriöt. Kuljettajien kokema sujuvuus oli myös sidoksissa ajamista koskeviin odotuksiin, juhlapyhien menoliikenteessä sujuvuutta pidettiin parempana kuin vastaavilla liikennemäärillä muina ajankohtina. Sujuvuus koettiin pimeällä heikompana kuin vastaavilla liikennemäärillä valoisaan aikaan. Syynä voi olla mm. ohitusmahdollisuuksien vähentyminen näkyvyyden laskiessa.

Tavoitenopeudet

Kuljettajien tavoitenopeuden ja todellisen nopeuden ero selitti pitkälti sujuvuuden kokemista. Kuljettajien tavoitenopeuden ja todellisen nopeuden eron ollessa alle 10 km/h yli puolet kuljettajista piti liikennettä sujuvana. Tavoitenopeudella ei kuitenkaan ollut merkitystä sujuvuudelle vt 6:lla pimeällä ja huonolla kelillä.

Jos tavoitenopeuksiin voidaan vaikuttaa niitä alentavasti esim. liikennetiedottamisella kuten mahdollisesti juhannuksen menoliikenteessä 1997 tapahtui, kuljettajat kokevat liikenteen sujuvammaksi koska hitaampien ajoneuvojen tavoittaminen ja tarve ohitukseen vähenee.

Ajomukavuus

Ajomukavuutta koskeva haastattelukysymys vaihdettiin vuonna 1997 kolmiportaisesta (mukavuus laskee paljon/jonkin verran/ei ollenkaan) kaksiporlaiseksi (ajomukavuus laskee/ei laske). Muutos tehtiin jotta eri keliolosuhteita olisi voitu helpommin verrata keskenään. Kolmiportaisella asteikolla mukavuuden ilmoitettiin laskeneen noin 25 % useammin kuin vastaavissa liikenneoloissa kaksiporlaisella asteikolla. Kysymystyyppi siis vaikutti huomattavasti tuloksiin tiedusteltaessa tämän tyyppistä subjektiivista mielipidettä. Vaikka sujuvuuden kokemiseen vaikutti liikenneolojen lisäksi kuljettajien sopeutuminen oli mukavuuden lasku suhteessa liikennemäärään sama eri

haastattelupäivinä. Hyvissä sää- ja keliolosuhteissa liikennemäärä pudotti mukavuutta. Erityisesti mukavuuteen kuitenkin vaikuttivat keli ja valoisuus. Pimeällä märällä tiellä ajaminen koettiin hyvin epämurkavana. Mukavuus ja sujuvuuden kokeminen eivät liikenteessä ole täysin samoja asioita. Sujuvuuden kokeminen painottuu liikennemäärän muutoksiin ja ajomukavuus heijastaa enemmän valoisuuden, sään ja kelin vaihteluita. Pienillä liikennemäärillä huonolla kelillä kuljettajat voivat pitää liikennettä sujuvana vaikka mukavuus onkin laskenut.

Sujuvuuden ennustettavuus LAM-pisteistä

Sujuvuuden ennustamisen kannalta selvitettiin, millä liikennemäärillä tieosilla alkoi mittauspäivinä esiintyä tilanteita jossa nopeudet putosivat kuljettajien mielestä häiritsevän alas. Vt 1:llä välillä Nummenkylä-Hiidenvesi keskimääräiset matkanopeudet saattoivat laskea 78 km/h tasolle 700 ajon/h liikennemäärillä. Vt 6:lla nopeudet saattoivat pudota 80 km/h tuntumaan liikennemäärällä 600 ajon/h ja 78 km/h tasolle noin 1000 ajon/h liikennemäärällä. Moottoriliikennetiellä liikennemäärien noustessa yli 1200 ajon/h keskinopeus saattoi laskea alle 90 km/h:n.

Maksuhalukkuus sujuvuuden parantamiseksi

Tulosten perusteella kuljettajien maksuhalukkuutta sujuvuuden parantamiseksi (moottoritiellä ajamiseksi) nostivat matkan pituus, liikennemäärä ja pimeällä sattuneet räntä- ja vesikuurot. Kuljettajien maksuhalukkuus sujuvuuden parantamiseksi ei poikennut pimeällä tai päiväsaikaan lumisateella muista olosuhteista. Vastaajien määrä oli tuolloin kuitenkin pienehkö.

Osittain samalla aineistolla tehdyt analyysit antoivat kuljettajien keskimääräiseksi maksuhalukkuudeksi moottoritiellä ajamiseksi 13 p/moottoritiekilometri. Tulos oli sama vt 1:llä, vt 4:lla sekä vt 6:lla (Kiljunen ja Summala 1997). Uusien mallien mukaan lisäaineisto ei muuttanut tätä tulosta.

Matka-ajankohdasta päättäminen

Tieto matkapäätöksen tekoajankohdista antaa viitteitä siihen, mitä mahdollisuuksia liikenne- ja kelitiedottamisella on vaikuttaa liikenneverkon kysynnän ajalliseen jakautumiseen. Valmiiksi päätettyihin tai sovittuihin matkoihin on luultavasti vaikeinta saada muutoksia. Edellisenä iltana ennen matkaa oli noin puolella kuljettajista tarkka matkan ajankohta päättämättä kaikilla haastattelu-kerroilla (talvella ja juhannuksena). Tuntia ennen matkaa oli juhannusliikenteessä liikkumavaraa noin viidesosassa matkojen aikatauluista.

Kuljettajien arviot muun liikenteen aiheuttamista aikamenetyksistä

Vt 1:llä ilmoitetun aikamenetyksen perusteella kelin heikkeneminen (valoisalla räntäsade, pimeällä heikko lumisade) ja koetun nopeuden lasku vähensivät sujuvuutta. Koetut aikamenetykset olivat suurimpia kuljettajilla joilla tavoite-nopeudet olivat suuria. Pitkämattalaiset taas kokivat sujuvuuden hieman muita paremmaksi. Pimeys, LAM-pisteestä mitattu liikennemäärä tai keskinopeus ei vaikuttanut koettuihin aikamenetyksiin.

Vt 1:llä aivan lyhimmillä matkoilla jo risteyksessä odottelu aiheutti luultavasti kokonaismatka-aikaan verrattuna suuria aikamenetyksiä. Lisäksi aikamenetykset ilmoitettiin usein 5 tai 10 min tarkkuudella mikä lyhyillä matkoilla hieman lisäsi koettuja aikamenetyksiä ajokilometriä kohden.

Vt 6:lla sujuvuuden lasku aikamenetyksellä mitattuna oli suuri heikoissa kelioloissa (lumisateella). On mielenkiintoista että kuljettajat kokivat huonolla kelillä aikamenetykset muun liikenteen aiheuttamiksi. Liikennemäärän kasvu pudotti aikamenetystä selvästi. Pimeydellä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta koettuihin aikamenetyksiin.

Kuljettajien arviot keskimääräiset arviot aikamenetyksistä vastasivat mallin mukaan kohtuullisen hyvin liikenteen todellisia nopeusvaihteluja. Kuljettajat pystyvät siis jonkinlaisella tarkkuudella arvioimaan olosuhteista johtuvat muutokset matka-aikoihin. Tämä antaisi yhden selityksen tavoitenopeuksien laskulle suurilla liikennemäärillä: kuljettajat osaavat kokemuseräisesti arvioida eri olosuhteissa kuluvan matka-ajan ja sopeuttavat tavoitteitaan tämän mukaisesti.

Tutkimusmenetelmän vaikutus tuloksiin

Kaksi kolmasosaa haastatteluista tehtiin huoltoasemilla joten otos oli jonkin verran valikoitunut näyte tieosan kaikista kuljettajista. Esimerkiksi raskaan liikenteen kuljettajat olivat heikosti edustettuina. Tästä syystä tulosten yleistettävyyteen tulee suhtautua varovasti ja esim. maksuhalukkuustuloksia eri ajo-olosuhteissa voidaan pitää enemmänkin suuntaa-antavina.

5.2 Vertailu muihin tutkimuksiin

Liikenteen ruuhkat, sujuvuus ja ajomukavuus

Kahdessa samaan aikaan käynnissä olleessa tutkimuksessa kerättiin aineistoja osittain yhteistyönä tämän tutkimuksen kanssa. Juhannuksena 1997 vt 4:lla ja vt 6:lla sekä elokuussa vt 1:llä haastateltiin samoja kuljettajia mutta osaa

vastauksista käytettiin vain toisessa tutkimuksessa. Tutkimukset tarkastelivat tieliikenteen sujuvuutta ja sen mittaamista (Luoma 1998) sekä autoliikenteen ruuhkia pääkaupunkiseudulla (Ryhänen 1998). Luoman tutkimuksen kirjallisuusosaan viitattiin jo luvussa 2.1. Työn empiirisessä osassa tehtyjen haastattelu- ja kyselytutkimusten mukaan mm. elinkeinoelämän kuljetuksille oli tärkeämpää matka-aikojen ennustettavuus kuin minimointi. Elinkeinoelämä koki talviajan liukkauden ja lumen suurempana viivästysten aiheuttajana kuin ruuhkat.

Ryhäsen haastattelututkimuksen mukaan pääkaupunkiseudun liikenteessä joudutaan ruuhkaan yleensä työmatkalla. Ammattikuljettajia ja työmatkalaisia ruuhka haittaa useammin kuin vapaa-aikana ruuhkaan joutuvia. Työmatkalaiset kokivat ruuhkan välttämisen onnistuvan matkan ajoituksella ja oikealla ajoreitin valinnalla.

Nopeudet eri ajo-oloissa

Estlanderin (1995) LAM-aineistolla tehtyjen analyysien mukaan lumisade laski valoisalla henkilö- ja pakettiautojen keskinopeuksia noin 7 km/h. Pimeys laski perjantai-iltaisoin kuivalla talvikelillä keskinopeuksia noin 5 km/h ja märällä talvikelillä vielä tästä vajaat 1 km/h. Kuorma-autojen nopeudet laskivat kelin heikentyessä vähemmän kuin muilla ajoneuvoilla. Estlanderin mukaan kelien vaikutukset ovat erilaisia eri ajoneuvoryhmissä ja sama keli vaikuttaa pimeässä eri tavoin kuin valoisassa. Kuivallakin kelillä nopeudet vaihtelevat valoisuuden ja viikonpäivän mukaan. Tähän vaikuttaa valoisuuden lisäksi esimerkiksi tienkohdan liikenteen koostumus, liikennemäärä ja se, onko kyseessä työmatka- vai vapaa-ajan liikenne.

Tässä tutkimuksessa vt 6:lla eri kelioloissa tehdyt matkanopeusmittaukset olivat samansuuntaisia Estlanderin tulosten kanssa. Matkanopeusmittaukset myös tukevat käsitystä siitä, että LAM-pisteestä mitatut nopeustasot kuvaavat kohtuullisen hyvin myös todellisten matkanopeuksien vaihtelua. Ainoastaan vaikeimmissa kelioloissa matkanopeudet jäivät alemmiksi kuin pistenopeudet.

Ohitukset ja sujuvuus

Ohitusten kysyntä/tarjontamallin mukaan sujuvuuden kokeminen liittyy hitaampien ajoneuvojen ohitusmahdollisuuksiin (McLean 1989). Tällä perusteella ohituskaistojen lisääminen parantaisi koettua sujuvuutta. Todisteita tähän suuntaan saatiin verrattaessa sujuvuuden kokemista liikennemäärien suhteen vt 6:lla sekä ohituskaistoilla varustetulla vt 1:llä. Sujuvuus koettiin vt 1:llä parempana varsinkin kesäviikonloppuina suurilla liikennemäärillä. Vt 6 on toisaalta kapeampi ja siellä on enemmän hitaita itäliikenteen rekka-autoja.

Kun ohitusmäärien lasku liittyi ohitusmahdollisuuksien pienenemiseen, kuten ilmeisesti vt 4:lla syksyhaastatteluissa sadekuurojen tai vt 6:lla pimeyden seurauksena, laski kuljettajien kokema sujuvuus. Jos sen sijaan ohittaminen vähenee kuljettajien ohitushalukkuuden laskiessa on seurauksena, ettei sujuvuus ole suoranaisesti sidoksissa ohitusmääriin.

Muutokset ohitusasteessa vt 6:lla perustuivat kesän 1995 haastatteluiden perusteella kuljettajien ohitushalun muutoksiin. Suurimmilla liikennemäärillä (yli 1000 ajon/h) ohitushalukkaita oli vain puolet liikennemäärän 400-800 ajon/h tasosta. Tämä ero vastaa mitatun ohitusasteen laskua 0.55:stä 0.3:een. Vastaantulevan liikenteen vaihteluväli oli hyvin kapea eikä ohitusmahdollisuuksissa sinänsä ollut eroja eri liikennemäärillä mittaussuunnassa.

Nieminen et al. (1992) tutkivat ohitusmahdollisuuksien hyväksymistä pimeällä. Tutkimusaineisto kerättiin ajamalla mittalaittein varustetulla henkilöautolla liikennevirrassa 10-25 km/h alle nopeusrajoituksen. Tulosten mukaan suurin ero pimeän ja valoisan ajan ohituksissa ilmeni silloin, kun ohitusmahdollisuutta rajoitti vastaantuleva ajoneuvo. Pimeällä ohittamiseen vaadittiin selvästi pidempiä ohitusmahdollisuuksia kuin valoisalla. Pimeällä puolet kuljettajista hyväksyi 866 metrin ohitusmahdollisuuden ennen vastaantulijaa, kun päivänvalossa siihen riitti 544 metriä. Myös ohituspäätösten hajonta oli pimeällä suurempi kuin valoisalla ja osa kuljettajista hylkäsi hyvinkin pitkiä ohitusmahdollisuuksia. Kun ohitusmahdollisuutta rajoitti maastoeste, pimeän ja valoisan ajan välillä ei esiintynyt suuria eroja.

Kaistisen (1994) ohitustutkimuksessa kerättiin Niemisen et al. (1992) tutkimusmenetelmällä ohitusaineistoja eri tyyppisillä kaksikaistaisilla teillä päiväaikaan. Leveäpientareisella moottoriliikennetiellä esiintyi selvästi enemmän lyhyillä ohitusmahdollisuuksilla (alle 300 m) tehtyjä ohituksia kuin kapeilla teillä. Ohitusmahdollisuuden pituuden tuli kapeilla teillä olla 700-900 m ja moottoriliikennetiellä 630 m, jotta 85 % kuljettajista hyväksyi ohitusmahdollisuuden. Ohitusmahdollisuuden rajoituessa maastoesteeseen vastaava arvo oli n. 900 m tien leveydestä riippumatta. Pimeällä, kapealla tiellä ohitukset kestivät selvästi kauemmin kuin valoisalla. Sujuvuuden putoaminen moottoriliikennetiellä sadekuuropäivänä saattoi olla sidoksissa Kaistisen tuloksiin lyhyillä ohitusmahdollisuuksilla tehtyjen ohitusten runsaudesta ko. tietyypillä. On mahdollista että pienikin häiriö säässä tai kelissä vähentää juuri näitä ohituksia kuljettajien tullessa varovaisemmiksi. Tällöin hitaampien ajoneuvojen takana joudutaan ajamaan pidempään ja sujuvuuden koetaan laskevan.

Nyt saatujen tulosten mukaan sujuvuuden koettiin pimeällä vt 6:lla alemmaksi kuin valoisaan aikaan vastaavilla liikennemäärillä. Tämä saattaa olla sidoksissa juuri ohitusmahdollisuuksiin, koska vt 6:lla ohitusaste putosi pimeällä, erityisesti määrällä tiellä.

Tässä tutkimuksessa saadut ohitusmäärät vt 4:lla eri liikennemäärillä olivat samaa luokkaa kuin ohituksia ja palvelutasoa moottoriliikenneteillä selvittäneessä tutkimuksessa (Huttunen 1994), kun mittausmenetelmien ero otetaan huomioon.

Liikenteellinen palvelutaso

Liikenteellinen palvelutaso kuvaa laadullisena mittana liikennevirran operointiolosuhteita. Palvelutasoa kuvataan esimerkiksi nopeuden, matka-ajan, operointivapauden, liikennehäiriöiden ja mukavuuden avulla. Järjestelmän palvelutasolle on määritetty kuusi luokkaa joita kuvataan kirjaimin A-F.

- Palvelutasolla A kuljettajat voivat ajaa vapaan liikenteen tavoitenopeuttaan ja ohituskysyntä on alempana kuin ohituskapasiteetti.
- Palvelutason B alareunalla ohituskysyntä on saavuttanut ohituskapasiteetin. Poikkileikkausliikennemäärä on korkeintaan 750 ajon/h.
- Palvelutasoluokassa C jonojen muodostuminen ja jonojen pituudet kasvavat huomattavasti. Liikennevirta on altis häiriöille kääntyvien tai hitaiden ajoneuvojen vuoksi. Suurimmillaan poikkileikkausliikennemäärä voi olla 1200 ajon/h.
- Palvelutasoluokassa D liikennevirta on epävaka. Kääntyvät ajoneuvot ym. häiriöt aiheuttavat shokkiaaltoja liikennevirtaan. Nopeus voi kuitenkin edelleen säilyä tasolla 80 km/h. Hyvissä olosuhteissa poikkileikkausliikennemäärä voi olla 1800 ajon/h.
- Palvelutasoluokassa E nopeudet laskevat 80 km/h alapuolelle, ohittaminen on lähes mahdotonta ja jonoutuminen voimakasta. Tieosan välityskyky on korkeimmillaan, 2300 ajon/h suuntajakaumalla 80/20.
- Palvelutaso F merkitsee raskaasti ruuhkautunutta tilannetta jossa liikenteen kysyntä on ylittänyt kapasiteetin ja välityskyky on romahtanut. (TRB 1994).

Tässä tutkimuksessa saatujen haastattelutulosten perusteella liikenteen sujuvuuden, eli liikennevirran laadun kokeminen liittyy tiettyyn nopeustasoihin, valaistusolosuhteisiin, kuljettajien odotuksiin liikennetilanteesta sekä kuljettajan taustatekijöihin. Tämän seuraksena sujuvuuden yhdistäminen suoraan HCM -palvelutasoihin ei ole yksinkertaista.

Vt 1:llä ja vt 6:lla nopeuksien pysyessä 77-78 km/h yläpuolella yli puolet kuljettajista piti lähes kaikissa olosuhteissa (voimakasta lumisadetta lukuunottamatta) tilannetta sujuvana. Liikennemääriltään sujuvan ja jonoutuneen liikenteen raja vastasi valoisaan aikaan suunnilleen palvelutasoluokan C alarajaa (poikkileikkausliikennemäärä noin 1200 ajon/h, ajosuunnassa noin 1000 ajon/h). Pimeällä vt 6:lla sujuvan liikenteen rajana oli 500 ajon/h. Suurilla liikennemäärillä varsinkin juhannuksena palvelutasoluokkaa D vastaavissa oloissa puolet kuljettajista saattoi pitää tilannetta sujuvana. Liikenne oli kuitenkin jo ilmeisen altis häiriöille.

Tulosten perusteella ehdotetaan, tosin varauksin, että kaksikaistaisilla teillä Alert C -liikennetilanne *sujuva* vastaa liikenteellisiä palvelutasoluokkia A-C. *Jonoutunut* vastaa palvelutasoluokkia D-E ja luokkaan F tulevat liikennetilanteet *hidas, pysähtelee ja seisoo*.

Liikenteellisten palvelutasoluokkien nykyisiä liikennemäärärajoja tulisi tarkistaa ajo-olosuhteiden mukaan, erityisesti pimeällä. Tämän perusteluna on kuljettajien kokeman sujuvuuden alentuminen selvästi pienemmillä liikennemäärillä kuin valoisaan aikaan. Tieosan maksimivälityskyky, johon palvelutasoluokittelu perustuu, laskee juuri pimeällä tai muuten heikentyneissä ajo-oloissa mm. hitaampien ajoneuvojen ohittamisen vaikeutuessa.

Liikenne- ja kelitiedottaminen

Aikaisemmassa liikennetilannetiedottamista koskeneessa haastattelututkimuksessa (Kiljunen ja Summala 1996) kysyttiin kuljettajilta, miten he olisivat toimineet jos ennen lähtöä olisi varoitettu pahasta ruuhkasta. Lähes 60 % kuljettajista olisi joko vaihtanut reittiä tai lykännyt matkaa.

Muuttuvien keliopasteiden vaikutuksia selvittäneessä haastattelututkimuksessa (Luoma ym. 1997) kuljettajat sanoivat liukas ajorata -merkin vaikuttavan ohittamiseen niin, että ohituksia joko pyrittiin välttämään kokonaan tai ne tehtiin varovaisemmin tai harvemmin. Yli 50 % kuljettajista sanoi merkin vähentäneen ajonopeutta. Mittausten perusteella liukkaalla kelillä näkyvä liukas ajorata -merkki vähensi keskinopeutta 1-2 km/h (Rämä 1996). Ajokäyttäytymisen ja kelin yhteyden osalta tulokset ovat saman suuntaisia tässä tutkimuksessa huonolla ajokelillä saatujen tulosten kanssa. Kelin heikentyessä ohitukset vähenivät ja nopeudet laskivat.

Kuljettajien informaatiotarpeita selvittäneessä tutkimuksessa informaatiotarve oli eri tyyppinen usein tai harvoin toistuvilla matkoilla. Harvoin toistuvilla matkoilla kaikkea informaatiota pidettiin kautta linjan tärkeämpänä kuin usein toistuvilla. Paljon ajaville ja pääkaupunkiseudulla asuville taas oli muita tärkeämpää tietoa liikenteen sujumisesta. Sää- ja kelitietoja hankittiin useimmiten talvella ja harvoin toistuvilla matkoille. Naiset pitivät kelitietoja tärkeämpinä kuin miehet. Sää- ja kelitiedoilla vaikutettiin kuljettajien mielestä eniten ajotapaan. Niillä oli myös suhteellisen paljon vaikutusta matkaan varattuun aikaan ja lähtöajan valintaan. Matkantekopäätökseen ja kulkutavan valintaan informaatiolla oli vähemmän vaikutusta. Kuljettajat halusivat tietoa erityisesti säästä ja kelistä, liikenteen sujumisesta ja tietöistä. Vain noin puolet kuljettajista hankkii sää- ja kelitietoa ennen matkaa (Penttinen 1996).

Vaihtuvien nopeusrajoitusmerkkien vaikutus ajonopeuksiin oli mittausten mukaan suurempi kuin tavallisilla rajoitusmerkeillä (Keränen et al. 1997).

Eriytyypisillä tiedotusmenetelmillä pystytään aikaisempien tutkimusten mukaan vaikuttamaan ajokäyttäytymiseen ja matkapäätöksiin. Muuttuvilla nopeus- ja kelivaroitusmerkeillä on jo mitattu todellisia vaikutuksia käyttäytymiseen. Haastattelututkimusten perusteella myös muulla tiedottamisella on vaikutusta. Tässä tutkimuksessa saatujen tulosten mukaan informaatiolla (mm. ruuhkista) voidaan mahdollisesti vaikuttaa ajotapaan ja lähtöajan valintaan.

5.3 Johtopäätökset

Liikennetilanteen kokeminen

Kuljettajaryhmien väliset erot selittivät osan eri päivien välisistä eroista liikennetilanteen kokemisessa. Sujuvuuden kokeminen oli kuitenkin sidoksissa myös haastattelupäivään, eli kuljettajien odotuksiin vallitsevista liikenneolosuhteista. Vilkaassa juhlapyhien menoliikenteessä liikenteen ei odotetakaan toimivan yhtä hyvin kuin tavallisessa viikonloppuliikenteessä. Myös pimeys laski kuljettajien kokemaa sujuvuutta vt 6:lla.

Kuljettajat sopeuttivat ajamista koskevia odotuksiaan, mm. tavoitenopeuttaan ja ohituspyrkimyksiään, vallitsevaan tilanteeseen. Tämän seurauksena liikennetilanteen kokemista ja koettua sujuvuutta oli erittäin vaikea yhdistää esimerkiksi HCM:n liikenteellisen palvelutason käsitteeseen. Edellinen kuvaa kuljettajien subjektiivista käsitystä tilanteesta kun taas jälkimmäinen on tekninen tien toimintakykyä kuvaava mitta. Sujuvuus oli kuljettajien mielestä kesäviikonloppuina sekä juhlapyhien liikenteessä parempi ja pimeällä taas heikompi kuin liikennemäärää vastaava palvelutaso antaisi odottaa.

Liikennetiedottamisella voi olla mahdollista vaikuttaa kuljettajien odotuksiin liikennetilanteesta ja sen myötä sujuvuuden kokemiseen, päätöksentekoon ja ajokäyttäytymiseen. Ennen vuoden 1997 juhannusta tiedotusvälineet muistuttivat edellisen vuoden pahoista ruuhkista ja Tielaitos kehotti kuljettajia mahdollisuuksien mukaan siirtämään matkan ajankohtaa hiljaisempaan liikenteeseen. Mahdollisesti myös tämän tuloksena oli, että haastatteluissa kuljettajat pitivät tilannetta sujuvana vielä huomattavan suurilla liikennemäärillä. Juhannusaatonaaton liikennemäärät olivat myös jakautuneet pitkin päivää ennustettua tasaisemmin.

Vt 1:llä kesäliikenteessä puolet kuljettajista piti tilannetta vielä sujuvana liikennemäärällä 1200 ajon/h, kun edempänä LAM-pisteen kohdalla hitaiden jonojen vuoksi koko tieosan nopeuksien romahtamisen riski oli jo olemassa. Epäsuorasti voidaan siis arvioida, etteivät kuljettajat tiedosta milloin nopeudet saattavat romahtaa.

Koska kesäviikonloppuina liikennetilannetta pidettiin sujuvampana kuin muuna aikana, eikä huoltoasemahaastatteluilla saatu kattavaa otosta koko kuljettajajoukosta (esim. raskaan liikenteen kuljettajia oli aineistossa vähän) on suositeltavaa määritellä liikennetiedottamisessa sujuvan liikenteen raja muiden kuin kesäviikonlopun tulosten avulla.

Tulosten perusteella voidaan esittää eri tieosille seuraavia raja-arvoja Alert C -asteikon liikennetilanteille. Liikennetilannekuvausten yleistettävyyttä eri tieosille tulee harkita tapauskohtaisesti.

Vt 6:lla ja vt 1:llä liikenne on *sujuvaa* kun

- liikennemäärä valoisan ajan oloissa on alle 700 ajon/h
- liikennemäärä pimeällä on alle 400 ajon/h ja
- LAM-pisteestä mitattu keskinopeus on yli 78 km/h.

Vt 6:lla ja vt 1:llä liikenne on *jonoutunutta* kun

- Liikennemäärä ylittää sujuvan liikennetilanteen raja-arvot, mutta
- LAM-pisteestä mitattu keskinopeus on yli 65 km/h

Liikenne on *hidasta* kun

- LAM-pisteestä mitatut nopeudet ovat 40-65 km/h.

Liikenne *pysähtelee*, mikäli liikennemäärä on yli 1000 ajon/h ja LAM-pisteessä havaitaan jonojen nopeuden olevan alle 40 km/h. Tällöin jarrutukset ja haitariliike johtavat todennäköisesti ainakin lyhyisiin pysähdyksiin.

Vt 4:n ja vt 7:n moottoriliikennetieosuuksilla liikenne on *sujuvaa* kun

- liikennemäärä hyvissä sääoloissa on alle 1000 ajon/h
- LAM-pisteestä mitattu keskinopeus on yli 90 km/h
- heikentyneissä keli- tai sääolosuhteissa liikennemäärä on alle 700 ajon/h.

LAM-verkosto on varsin harva eikä sillä saada kattavasti selville paikallisia häiriöitä liikennevirrassa. LAM-järjestelmän lisäksi on mahdollista käyttää mm. seuraavia keinoja nopeustason tai häiriöiden seuraamiseksi:

- automaattista videokuvantulkintaa
- liikkuvat anturiajoneuvot, kuten GPS-laittein varustetut ajoneuvot
- autoilijoiden tiedottajaverkko
- matkapuhelimien tukiasemaverkko voi mitata liikkuvien puhelimien nopeuksia, järjestelmän tarkkuus tällä hetkellä noin 8 km/h (Luoma 1998)
- yhteistyö esim. huoltoasemien tai kahvilanpitäjien kanssa joilta tarvittaessa voisi tiedustella tiellä vallitsevaa tilannetta

Sujuvuuden ennustaminen LAM-pisteistä

- Etukäteen (1-5 vrk) tehtävät ennusteet

Tarkasteltaessa esimerkkinä yhden viikonlopun menoliikennettä voidaan liikennemäärät ja ruuhkahuiput kohtuullisella tarkkuudella ennakoida mm. edellisvuoden vastaavan ajankohdan liikennemäärien perusteella. Sääennustetta apuna käyttämällä voidaan viimeistään edellisenä päivänä arvioida mikä on todennäköinen nopeuksien vaihteluväli eri kellonaikoina ja milloin liikenteen nopeuksien romahtaminen saattaa olla mahdollista. Liikenneennusteet ehditään tarvittaessa esittää sanomalehdissä, televisiossa ja radiossa.

- Samana päivänä tehtävät ennusteet

Peräkkäisten, kaukanakin toisistaan sijaitsevien LAM-pisteiden liikennetietojen perusteella voidaan ennustaa joko kokemusperäisesti tai simuloimalla mikä on liikennemäärä, nopeuksien todennäköinen vaihteluväli ja nopeuksien romahtamisen riski ajosuunnassa seuraavilla tieosilla 5-30 minuutin kuluttua. Jollakin mittausjaksolla liikennemäärä voi nousta hälyttävän korkeaksi "aalloksi" jolloin voidaan ennakoida että seuraavalla alemmantasoisella tieosuudella nopeuksien romahtamisen riski kasvaa (esim. moottoriliikennetien vaihtuessa tavalliseksi päätieksi). Yksityiskohtaisten sääennusteiden perusteella voidaan arvioida myös paikallisten sadekuurojen riski. Tällöin voidaan radiolla tai RDS-TMC:llä antaa varoitus mahdollisista häiriöistä.

- Sujuvuuden välitön mittaaminen

Liikennemäärien ollessa suuria voidaan yksittäisen LAM-pisteen aikavälijakauman ja nopeusjakauman avulla tarkastelella olosuhteita tieosalla. Pistetietojen avulla voidaan tunnistaa ainakin seuraavat häiriö- tai häiriöön johtavat tilanteet:

1. Hidas yhtenäinen jono (nopeus alle 78 km/h) ohittaa pisteen.
2. Hidas jono muodostumassa LAM-pisteen kohdalla.
3. Hitaita rekkoja (nopeus selvästi alle 80 km/h) joiden jäljessä tuleva liikenne ajaa vielä normaalilla nopeudella: tilanne johtaa mahdollisesti hitaan jonon muodostumiseen.
4. Eri nopeuksilla liikkuvia jonoja jotka tavoittavat toisensa tieosalla. Seurauksena voi olla shokkiaalto mikäli jälkimmäisen jonon tiheys ja pituus on riittävä.
5. Liikennevirrasta puuttuvat pitkät (yli 20-30 s) aikavälit. Tällöin esim. kääntyvän ajoneuvon taakse voi kapealla tiellä muodostua seisova jono ja jarrutusaalto joko kulkee tieosan läpi tai pysäyttää liikenteen kokonaan.

Tieosan alussa olevalla muuttuvalla nopeusrajoitusmerkillä on mahdollista laskea nopeustasoa ja estää näin tieosan liikenteen "tiivistyminen" mikäli häiriöiden mahdollisuus on olemassa. Myös radiolla tai RDS-TMC -järjestelmällä voidaan antaa varoitus jos tieosaa edeltävällä LAM-pisteellä liikennemäärät nousevat huolestuttavan korkealle.

Pimeän ajan ongelmat kaksikaistaisilla pääteillä

Pimeällä kelin heikentyminen tien pinnan kastumisen muodossa vähensi selvästi ohitusmääriä. Kaksikaistaisilla teillä on sujuvuutta uhkaamassa useita ongelmia mikäli liikennemäärien kasvu ohjautuu myös pimeän vuodenajan viikonloppuihin. Seurauksena on jonopituuksien kasvu, koetun sujuvuuden väheneminen, tien välityskyvyn lasku sekä palvelutason heikkeneminen pienemmillä liikennemäärillä kuin valoisaan aikaan.

Ohituskaistat vaikuttavat toimivalta ratkaisulta myös pimeällä ja alentuneissa keliolosuhteissa. Ne helpottavat hitaampien ajoneuvojen ohittamista ja näin jonot pääsevät purkautumaan. Lahnajärvellä liikennemäärällä 600 ajon/h kuljettajista yhtä suuri osa piti tilannetta sujuvana kuin vt 6:lla tasolla 400 ajon/h. Ohituskaistaosuuden tievalaistus parantaa mahdollisesti entisestään tätä vaikutusta. Sama vaikutus voi olla myös pidempien tieosien valaisemisella.

Tulosten mukaan kuljettajien kokemus ajomukavuus laskee huomattavasti pimeällä. Tämä saattaa toisaalta aiheuttaa sen, että pimeällä ajamista vältetään eivätkä liikennemäärät kasva samalla tavalla kuin valoisaan aikaan. Vt 6:lla oli kuljettajien taustatekijöiden jakaumassa merkkejä siitä, että naiset välttivät pimeällä ajamista.

Tulevaisuuden riskit kaksikaistaisilla teillä

Tällä hetkellä kaksikaistaisilla teillä liikennetilanne voi "romahtaa" lähinnä viikonloppuliikenteessä eräillä vilkkaimmin liikennöidyillä tieosuuksilla. Kasvavien liikennemäärien ja erityisesti raskaan liikenteen (ml. itäliikenne) lisääntymisen myötä huono sujuvuus voi jatkossa vaivata yhä useampaa tieosaa erityisesti pimeyden ja huonon sään myötä. Kuljettajien sietokyky ei tavallisina viikonloppuina ole välttämättä yhtä hyvä kuin esim. juhannuksena. Kesäajan liikenteessä häiriöitä voivat erityisesti kapeilla tieosilla lisätä maatalouskaluston kasvava koko (traktorin leveys kylvövarustuksessa lähenee 3.5 metriä) ja pidentyvät siirtomatkat. Tien poikkileikkauksen leventäminen lienee ainoita tehokkaita apukeinoja. Samalla kevyen liikenteen olot paranevat.

Sujuvuuden parantaminen kaksikaistaisilla teillä

Kaksikaistaisilla teillä suurilla liikennemäärillä sujuvuuden kokeminen saattaa olla sidoksissa myös ajamisen tasaisuuteen eli häiriöiden vähentämiseen.

Tällöin kaksikaistaisilla teillä on mahdollista parantaa sujuvuutta

- ohituskaistoilla jotka mahdollistavat hitaiden jonojen purkautumisen
- ohituskaistojen talvikunnossapidon tehostamisella
- liittymien kanavoinnilla jolloin kääntyvien ajoneuvojen aiheuttamat häiriöt vähenevät
- tien leventämisellä jolloin erittäin hitaiden (traktorit ym.) ja pysähtyneiden ajoneuvojen vaikutus vähenee
- traktorien ym. hitaiden ajoneuvojen käyttöön sopivilla väistöpaikoilla jotka voivat olla esim. pidennettyjä linja-autopysäkkejä tai levähdysalueita
- tievalaistus parantaa näkyvyyttä ja ohitusmahdollisuuksia pimeällä

Sujuvuus palvelukriteerinä

Tutkimuksessa on selvitetty kuljettajien sujuvuuden kokemista Alert C -asteikon *liikenne sujuvaa/ jonoutunut/ hidasta/ pysähtelee/ seisoo* osalta. Aikaisemman tutkimuksen (Kiljunen ja Summala 1996) perusteella tämä vastaa myös sujuvuutta asteikolla *liikenne sujuvaa - ruuhkautunut*. Käsitys liikennetilanteen sujuvuudesta vaihtelee eri kuljettajaryhmien kesken sekä myös eri ajankohtina. Tulosten tarkastelun yhteydessä pitää kuitenkin miettiä, miten sujuvuutta käytetään palvelukriteerinä Tielaitoksen ja yhteiskunnan kannalta. Onko kaikkien tienkäyttäjryhmien mielipide sujuvuudesta yhtä tärkeä? Kuinka suuren osan kuljettajista tulee pitää tilannetta sujuvana? Täytyykö liikenteen olla sujuvaa koko ajan tieverkon kaikissa osissa? Kuinka pitkinä ajanjaksoina muu kuin sujuva liikenne hyväksytään?

Kirjallisuusluettelo

Estlander Katja (1995) Sään ja kelin vaikutukset eri ajoneuvoryhmien nopeuksiin. Tielaitoksen selvityksiä 23/1995. Tielaitos, Keskushallinto. Helsinki 1995. 90 s + liitt. 16 s.

Heinijoki Heikki (1994) Kelin kokemuksen, rengaskunnon ja rengastyypin vaikutus nopeuskäyttäytymiseen. Tielaitoksen selvityksiä 19/1994. Tielaitos, Helsinki 1994. 99+60 s.

Huttunen Iiro (1994) Ohitukset ja palvelutaso moottoriliikenneteillä. Teknillinen Korkeakoulu, Liikennelaboratorio. Diplomityö. Otaniemi 1994.

Kaistinen Jyrki (1994) Ohituskäyttäytyminen kaksikaistaisilla maanteillä. Tielaitoksen tutkimuksia 3/1994. Tielaitos, Kehittämiskeskus. Helsinki 1994. 58 s.

Keränen Matti, Vilkmann-Vartia Armi, Suominen Petri (1997) Vaihtuvan nopeusrajoituksen vaikutuksesta liikennevirtaan. Viatek Oy 1997.

Kiljunen Matti, Summala Heikki (1996) Ruuhkaisuuden kokeminen ja liikennetilannetiedottaminen - Tienkäyttäjätutkimus kaksikaistaisilla teillä. Tielaitoksen selvityksiä 25/1996. Tielaitos, keskushallinto, Helsinki 1996. 77+5 s.

Kiljunen Matti, Summala Heikki (1997) Ajokäyttäytyminen ja matkapäätösten teko kaksikaistaisilla pääteillä. Liikenneministeriön julkaisuja 45/1997. Helsinki 1997. 57 + 3 s.

Luoma Juha, Rämä Pirkko, Penttinen Merja, Harjula Virpi (1997) Muuttuvien keliopasteiden vaikutukset kuljettajan toimintaan. Tielaitoksen selvityksiä 22/1997. 32 s + liitt. 8 s.

Luoma Sami (1998) Tieliikenteen sujuvuus ja sen mittaaminen. Teknillinen Korkeakoulu, Liikennelaboratorio. Diplomityö.

McLean John (1989) Two-Lane Highway Traffic Operations; Theory and Practice. Transportation studies volume 11. 408 s.

Nieminen Tapio, Kaistinen Jyrki, Summala Heikki (1992)
Ohitusmahdollisuuden hyväksyminen pimeällä. Helsingin yliopisto,
liikennetutkimusyksikkö, tutkimuksia 24:1992. 23 s.

Penttinen Merja (1996) Autonkuljettajien informaatiotarpeet. Tielaitoksen
selvityksiä 73/1996. Helsinki 1996. 62 s + liitt 21 s.

Ryhänen Tuuli (1998) Autoliikenteen ruuhkat pääkaupunkiseudulla. Helsingin
yliopisto, maantieteen laitos. Pro gradu -työ. Painossa.

Rämä Pirkko, Kulmala Risto, Heinonen Matti (1996) Muuttuvien
kelivaroitusmerkkien vaikutus ajonopeuksiin, aikaväleihin ja kuljettajien
käsityksiin. Tielaitoksen selvityksiä 1/1996. Tielaitos, Helsinki 1996. 54+23 s.

Saastamoinen Kimmo (1994) Kelin vaikutus ajokäyttäytymiseen ja
liikennevirran ominaisuuksiin. Tielaitoksen selvityksiä 80/1994. Tielaitos,
Helsinki, 1994. 48 s.

Transportation Research Board TRB (1994) Highway Capacity Manual. 3rd
ed. National Research Council, Washington, D. C. TRB Special Report 209.

Haastattelulomake

Haastattelukysymykset HY/Tielaitos talvi vt6 27.3.1997 peräv/pa/ka/rekka

KELLONAika _____ mo _____ sukupuoli (mies/nainen)

henkilöitä autossa 1 2 3 4 5 _____

Hyvää päivää, teemme haastattelututkimusta Tielaitokselle! Olisiko teillä muutama minuutti aikaa?

1. Mikä on tämän matkanne lähtöpaikka _____ 2. Määräpaikka _____

3. Mikä on matkanne tarkoitus? (esim. töihin, töistä pois, työasioita hoitamassa, ostos/asiointi, mökki, muu vapaa-ajan, opiskelu) _____

4. Mikä seuraavista sanoista kuvaa mielestänne tieosan tämänhetkistä liikennetilannetta:

SUJUVAA JONOUTUNUT HIDASTA PYSÄHTELEE SEISOO

5a. Vähentääkö tämä KELI tai LIIKENNEMÄÄRÄ (tai pimeys) ajomukavuuttanne KYLLÄ / EI

5b. Jos vastasi kyllä, niin mikä näistä? KELI LIIKENNEMÄÄRÄ (pimeys)

6. Paljonko arvioitte menettävänne aikaa ajamallanne välillä kelin ja muun liikenteen takia? _____ min

7. Onko keli (tien kunto) mielestänne HYVÄ KOHTALAINEN vai HUONO?

8. Montako ajoneuvoa olette nyt ohittanut vt 6:lla? (Koskenkylän jälkeen) _____ kpl.

9. Mikä on tavoitenopeutenne, eli mitä nopeutta pyritte ylläpitämään tieosalla näissä liikenne- ja kelioloissa? (Koskenkylän jälkeen) TÄTÄ EI KERROTA POLIISILLE! _____ km/h.

10. Onko tämä mittari- vai todellinen nopeus? (mittari/todell) _____

11. Mitä nopeutta olette todellisuudessa pystynyt ajamaan? _____ km/h

12a. Koetteko ajamisen näissä oloissa hermostuttavaksi KYLLÄ / EI

12b. Jos KYLLÄ, mikä hermostuttaa eniten (keli/liikenne/rekat/pimeys) _____

13. Milloin päätitte matkallälhdön kellonajasta? (vko, 2vrk, vrk, aamulla, 1h) _____

14. Mikä oli tavoitenopeutenne moottoritiellä? _____ km/h

15. Jos Porvoo-Kouvola -välillä olisi maksullinen moottoritie, montako markkaa maksaisitte tällä matkalla sen käytöstä? (kertamaksu yhteen suuntaan) _____ mk /ei ajaisi/vastustaa

16. Kuinka usein ajatte tätä tietä? (päivittäin, 2-3/vk, 1/vk, 2-3/kk, 1/kk tms) _____

17. Paljonko ajatte autoa vuodessa? (jos ei osaa sanoa, niin viikossa tai päivässä)

_____ tkm/vuosi _____ km/viikko _____ km/päivä

18. Mikä on ammattinne? (autonkulj, myyntiedust, yrittäjä, toimisto...) _____

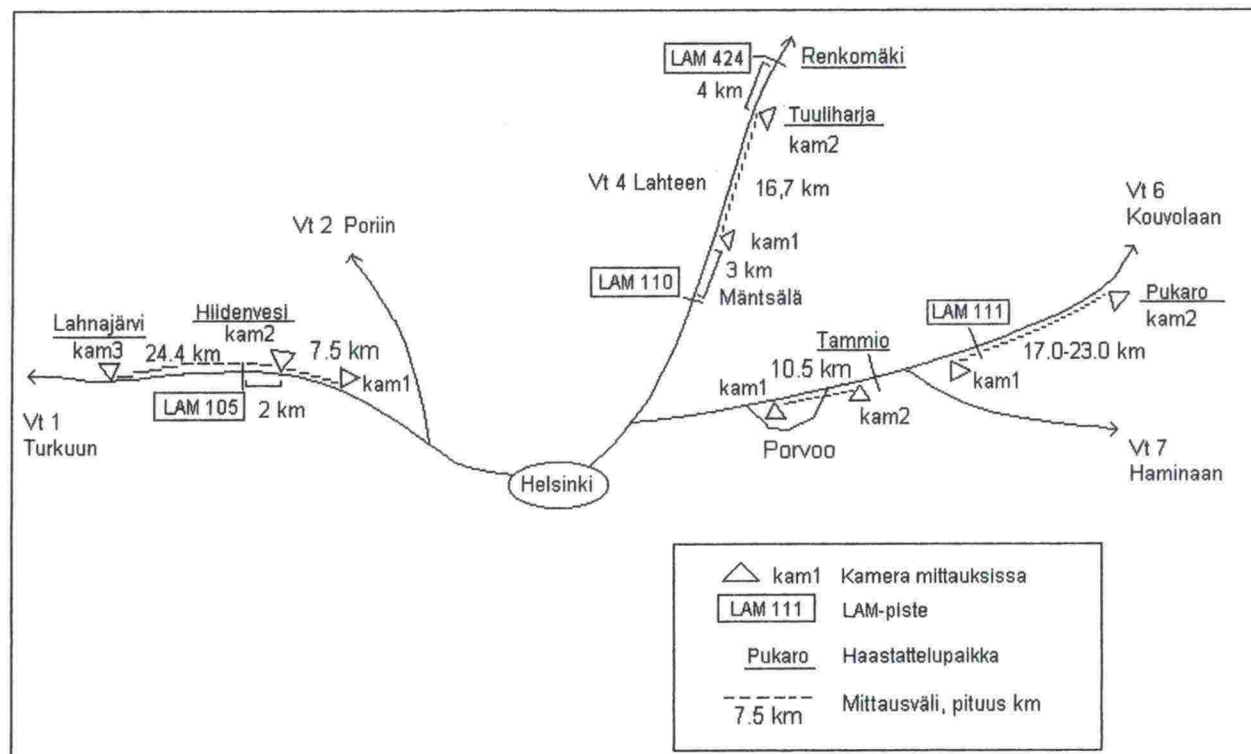
19. Syntymävuotenne? _____

20. Saanko tiedustella tutkimusta varten, ovatko taloutenne tulot ryhmässä

alle 10/ 10-30/ vai yli 30 tuhatta mk kuukaudessa? (brutto/netto)

KIITOS VAIVANÄÖSTÄ. HYVÄÄ MATKAA!

tarkista klo ja rek!



Haastattelut pe 14.3.1997 vt 6 Pukaron Paroni, kuiva talvikeli

matkustajia	kpl	%
1	44	33
2	51	38
3	26	19
4	11	8.1
5	2	1.5
6	1	0.7
yhteensä	135	

syntymävuos	kpl	%
1931-40	9	7.1
1941-50	49	39
1951-60	27	21
1961-70	28	22
1971-79	13	10
yhteensä	126	

sukupuoli	kpl	%
miehiä	108	81
naisia	26	19
	134	

matkan tarkoitus	kpl	%
töihin tai töistä pois	15	16
työasia	10	11
ostos tai asiointimatka	5	5.4
mökkimatka	8	8.7
muu vapaa-ajan	54	59
yhteensä	92	

matkan pituus km	kpl	%
alle 100 km	20	16
101-200	45	36
201-300	48	38
301-400	10	8
401-500	2	1.6
yli 500 km	0	0
yhteensä	125	

Haastattelut kiirastorstaina 27.3.1997 Vt 6 Pukaron Paroni, lumisade

matkustajia	kpl	%	matkan tarkoitus	kpl	%
1	15	16	töihin tai töistä pois	4	6.2
2	38	40.4	työasia	3	4.6
3	24	25.5	ostos tai asiointi	2	3.1
4	12	12.8	mökkimatka	15	23
5	5	5.32	muu vapaa-ajan	41	63
yhteensä	94		yhteensä	65	
syntymävuosi	kpl	%	matkan pituus km	kpl	%
1927-40	15	16.1	alle 100 km	10	11
1941-50	20	21.5	101-200	21	23
1951-60	22	23.7	201-300	30	32
1961-70	25	26.9	301-400	17	18
1971-79	11	11.8	401-500	12	13
yhteensä	93		yli 500 km	3	3.2
			yhteensä	93	
sukupuoli	kpl	%			
miehiä	74	82.2			
naisia	16	17.8			
	90				

Haastattelut juhannusaattona 19.6.1997 vt 6 Pukaron Paroni

matkustajia	kpl	%
1	9	8.2
2	40	36
3	31	28
4	19	17
5	10	9.1
6 tai enemmän	1	0.9
yhteensä	110	

syntymävuosi	kpl	%
1929-40	7	8.3
1941-50	18	21
1951-60	27	32
1961-70	24	29
1971-79	8	9.5
yhteensä	84	

sukupuoli	kpl	%
miehiä	85	77
naisia	25	23
yhteensä	110	

matkan tarkoitus	kpl	%
töihin tai töistä pois	3	3.5
työasia	2	2.3
ostos tai asiointi	2	2.3
mökkimatka	47	55
muu vapaa-ajan	32	37
yhteensä	86	

matkan pituus km	kpl	%
alle 100 km	6	7
101-200	30	35
201-300	32	37
301-400	15	17
401-450	3	3.5
yhteensä	86	

Matkan lähtöpaikka	kpl	%
Helsinki, Espoo, Vantaa	76	86
Länsi-Uusimaa	3	3.4
Keski-Uusimaa	5	5.7
Itä-Uusimaa	4	4.5
yhteensä	88	

Haastattelut Vt 6:lla pimeällä Pukaron Paroni

matkustajia	kpl	%	matkan tarkoitus	kpl	%
1	42	39.6	töihin tai töistä pois	10	10
2	37	34.9	työasia	6	6
3	13	12.3	ostos tai asiointi	3	3
4	11	10.4	mökkimatka	10	10
5	2	1.89	muu vapaa-ajan	71	71
6	1	0.94	yhteensä	100	
yhteensä	106				

syntymävuosi	kpl	%	matkan pituus	kpl	%
1930-40	13	12.7	alle 50	8	8
1941-50	31	30.4	50-100	3	3
1951-60	23	22.5	101-150	20	20
1961-70	25	24.5	151-200	8	8
1971-79	10	9.8	200-300	54	53
yhteensä	102		301-960	8	8
			yhteensä	101	

sukupuoli	kpl	%
miehiä	93	89.4
naisia	11	10.6
yhteensä	104	

LIITE 3 sivu 5

Haastattelut Vt 1:lla pe 14.2.1997 Hiidenvesi ja Lahnajärvi, kuiva talvikeli

matkustajia	kpl	%
1	109	64
2	52	30
3	6	3.5
4	2	1.2
5	2	1.2
yhteensä	171	

matkan tarkoitus	kpl	%
töihin tai töistä pois	40	28
työasia	49	34
ostos tai asiointi	12	8.3
mökkimatka	9	6.3
muu vapaa-ajan	34	24
yhteensä	144	

syntymävuosi	kpl	%
1924-40	17	10
1941-50	39	24
1951-60	52	32
1961-70	42	26
1971-78	12	7.4
yhteensä	162	

matkan pituus	kpl	%
alle 50 km	21	13
51-100	40	24
101-150	32	20
151-200	57	35
201-300	11	6.7
yli 300 km	3	1.8
yhteensä	164	

sukupuoli	kpl	%
miehiä	149	86
naisia	24	14
yhteensä	173	

Haastattelut Vt 1:lla pe 21.2.1997 Hiidenvedellä, räntäkuuroja

matkustajia	kpl	%	matkan tarkoitus	kpl	%
1	63	48	töihin tai töistä pois	19	24
2	43	33	työasia	33	42
3	18	14	ostos tai asiointi	13	17
4	6	5	mökkimatka	6	7.7
5	1	1	muu vapaa-ajan	7	9
6	1	1	yhteensä	78	
yhteensä	132				

syntymävuosi	kpl	%	matkan pituus	kpl	%
1927-40	15	12	alle 50 km	35	28
1941-50	37	29	51-100	37	29
1951-60	36	29	101-150	21	17
1961-70	25	20	151-200	23	18
1971-77	13	10	201-300	7	5.6
yhteensä	126		yli 300 km	3	2.4
			yhteensä	126	

sukupuoli	kpl	%
miehiä	105	80
naisia	26	20
yhteensä	131	

Haastattelut Vt 1:lla pe 22.8.1997 Hiidenvedellä

matkustajia	kpl	%
1	33	26.2
2	56	44.4
3	24	19
4	10	7.94
5	3	2.38
yhteensä	126	

matkan tarkoitus	kpl	%
töihin tai töistä pois	21	19.3
työasia	9	8.26
ostos tai asiointi	8	7.34
mökkimatka	45	41.3
muu vapaa-ajan	26	23.9
yhteensä	109	

syntymävuosi	kpl	%
1923-40	17	15.6
1941-50	35	32.1
1951-60	26	23.9
1961-70	19	17.4
1971-79	12	11
yhteensä	109	

matkan pituus	kpl	%
alle 50	15	13.8
50-100	54	49.5
101-150	12	11
151-200	19	17.4
201-300	9	8.26
yhteensä	109	

sukupuoli	kpl	%
miehiä	105	82.7
naisia	22	17.3
yhteensä	127	

**Haastattelut Vt 1:lla pimeällä, Hiidenvesi ja Lahnajärvi
19.12.1997, 21.12.1997 ja 9.1.1998**

matkustajia	kpl	%
1	46	45
2	40	39
3	11	11
4	2	2
5	2	2
7	1	1
yhteensä	102	

matkan tarkoitus	kpl	%
töihin tai töistä pois	37	36.6
työasia	16	15.8
ostos tai asiointi	13	12.9
mökkimatka	10	9.9
muu vapaa-ajan	25	24.8
yhteensä	101	

syntymävuosi	kpl	%
1929-40	14	14
1941-50	27	28
1951-60	27	28
1961-70	21	22
1971-79	8	8.2
yhteensä	97	

matkan pituus	kpl	%
alle 50	27	27.3
50-100	23	23.2
101-150	17	17.2
151-200	28	28.3
201-300	4	4.04
yhteensä	99	

sukupuoli	kpl	%
miehiä	75	77
naisia	23	23
yhteensä	98	

Haastattelut Vt 4:lla 19.6.1997, Tuuliharja

matkustajia	kpl	%
1	19	28
2	26	38
3	10	14
4	10	14
5	3	4
6	1	1
yhteensä	69	

matkan tarkoitus	kpl	%
töihin tai töistä pois	5	7.9
työasia	7	11
ostos tai asiointi	2	3.2
mökkimatka	31	49
muu vapaa-ajan	18	29
yhteensä	63	

syntymävuosi	kpl	%
1921-40	9	15
1941-50	11	18
1951-60	21	34
1961-70	10	16
1971-79	11	18
yhteensä	62	

matkan pituus	kpl	%
alle 100 km	2	3.2
101-200	24	39
201-300	21	34
301-400	12	19
yli 400 km	3	4.8
yhteensä	62	

sukupuoli	kpl	%
miehiä	50	79
naisia	13	21
yhteensä	63	

Haastattelupaikat, liikenne- keli- ja sääolosuhteet ja haastattelumäärät

Taulukko 1/liite 4. Talvihaastattelupäivät

Haastattelupaikka ja -aika	Sää	Ajoradan pinta	Lämpötila	Q pääsuunta	Haast kpl
Vt 1 14.2.1997 Hiidenvesi, Lahnajärvi 12:50-17:15	aurinkoinen	kuiva, pientareilla jäätä, paikoin myös keskiviivalla	- 8°.. -10°	272- 664 ajon/h	170
Vt 1 21.2.1997 Hiidenvesi 12:10-17:20	pilvinen osin räntäsadetta	märkä, paik. loskaa	+0°... - 1°	267- 641 ajon/h	132
Vt 6 14.3.1997 Pukaro 14:05- 19:32	aurinkoinen	kuiva, paljas	-0,5°.. - 2°	216- 424 ajon/h	136
Vt 6 27.3.1997 Pukaro (kiirastorstai)	pilvinen lumi-sade	loskavalleja, mahd. liukas	-0,5°... -2°	459- 612 ajon/h	94

Vt 1:llä keskiviivan tuntumassa oli 14.2.1997 paikoitellen hieman jäätä ja päälyllystettyjen piennarten leveydestä noin puolet oli jään/lumen peitossa.

Taulukko 2/liite 4. Kesähaastattelupäivät

Haastattelupaikka ja -aika	Sää	Q pääsuunta	Haastatteluja kpl
vt 4 Tuuliharja, torstai 19.6.1997 klo 11:15-17:00	aurinkoinen kuiva, +25°	987 - 1388 ajon/h	71 kpl
Vt 6 Pukaro, torstai 19.6.1997 klo 14:00-19:00	aurinkoinen kuiva, +25°	900 - 1099 ajon/h	109 kpl
Vt 1 Hiidenvesi, perjantai 22.8.1997 klo 14:00-19:00	aurinkoinen kuiva, +24°	570 - 1251 ajon/h	128 kpl

Taulukko 3/liite 4. Pimeän ajan haastattelut

Haastattelupaikka ja -aika	Sää- ja keliolosuhteet	Q pää-suunta	Haastatteluja kpl
Vt 6 Pukaro 21.11.1997 17:10-20:00	Kuiva tie, -5°	226-447 ajon/h	28
Vt 6 Pukaro 5.12.1997 16:20-19:40	Märkä tie, keskellä ja vast. kaistan keskellä paikoin hieman jäätä	228-397 ajon/h	62
Vt 1 Hiidenvesi 19.12.1997 15:00-18:50	Märkä, osin loskainen, pieniä tihku/lumikuuroja, - 3°	477-559 ajon/h	51
Vt 1 Hiidenvesi 23.12.1997 16:00-18:25	Märkä tie -2.0° poutaa, tie mahdollisesti liukas	429-503 ajon/h	19
Vt 1 Lahnajärvi 9.1.1998 16:00-18:45	Märkä tie -0.8°	610-640 ajon/h	33

Myös 14.3.1997 vt 6:lla tehtiin osa haastatteluista pimeällä.

19.12.1997 vt 1 oli suolattu ja märkä, räntäsade toi muutaman millin loskakerroksen kaistojen ja pyöräurien väliin. Perjantaina 9.1.1997 ennen haastatteluja oli tullut lumikuuroja ja niitä saattoi osua vielä haastatteluajankohtana jonnekin ykköstien alueelle.

Liikennemäärät on mitattu LAM-pisteestä 1 h jaksoilla (vt 1 14.2.1997 Hiidenvedellä olleelta kameralta).

ISBN 951-726-410-0
ISSN 0788-3722